

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

**Quadro Geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí.**

Janaina Carla dos Santos

Orientador: Dr. Joël Pellerin

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

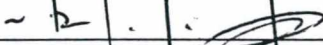
Área de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais e Meio Ambiente

Florianópolis, agosto de 2001.

# "Quadro Geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí".

**Janaina Carla dos Santos**

*Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, área de concentração em Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.*

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM: 17/08/2001

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Joel Pellerin (Presidente-Orientador-UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Gerusa Maria Duarte (Membro-UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann (Membro-UFSC)

Florianópolis - 2001



Ao meu avô Teodorico, *in memoriam*, que  
não esqueceu que eu lido com as pedras.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Joël Pellerin, por ter aceito orientar esta dissertação, compartilhando sua experiência e sabedoria sempre com a gentileza e a generosidade que o caracterizam.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

A Luiz Fernando Scheibe e Marli Teresinha da Costa da UFSC; Conceição Lage, Helder Nunes Cunha e Regina M. L. S. M. Barbosa da UFPI e Deocleciano Guedes Ferreira e Eugênia V. M. e Silva do IBAMA-PI, pelo apoio de ordem logística, financeira e pela infra-estrutura concedida para a realização dos trabalhos de campo.

A Fernando Parentes Fortes, pelo empréstimo das fotografias aéreas de Sete Cidades na escala de 1:25.000.

A Antônio Alberto Jorge Farias de Castro e Maria Edileide de Alencar Oliveira, que obtiveram a permissão de João Roberto dos Santos do INPE para o uso da imagem LANDSAT-TM de 1998 de Sete Cidades.

À Gerusa Maria Duarte, pelas aulas de leitura dirigida que proporcionaram um grande aprendizado e rica convivência.

Ao Marcelo Esteves, pela leitura atenta dos projetos, por sua dedicação, seu incentivo e suas dicas valiosas durante o campo.

A José Henrique Vilela e Luiz Antônio Paulino, do Laboratório de Geoprocessamento da UFSC, e a prof<sup>a</sup>. Maria Lúcia Herrmann, pelo auxílio atencioso, competente e incentivador durante a construção dos mapas.

Aos senhores Érico, Jair e Nerl, funcionários da Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina (IOESC), e ao senhor Eduardo Hering, Diretor Geral da IOESC, pela gentileza de efetuar a ampliação fotográfica do mapa do Plano de Ordenamento Geral de Sete Cidades.

À Verônica, minha levantadora oficial de dados.

Ao Assis, Diana, Edileide, Gré, Marcelo Esteves, Marcelo, Roseli e Simplicio, que dividiram experiências profissionais e dias de sol e chuva no campo.

Ao Chico, Elizeu, Lindolfo, Maurício, Pontes, Raimunda, Romão e Vieira, funcionários do Parque Nacional de Sete Cidades, por todo o apoio no campo.

Ao Kleber, pelo trabalho da análise granulométrica e Leonardo, Kênia e Fernanda do Laboratório de Cartografia.

À Lia, pela correção do português.

À Eliany, Gilnei, Marga e Sandro, pelas dicas e ajudas.

A Erasmo, Natividade, Dinamene e Jessica, minha família, meus primordiais incentivadores.

À Conceição Lage, minha querida chefe, pelo apoio incondicional e irrestrito.

A Marcílio Flávio pela frase que é comum aos alunos que viveram o colégio: “a gente deixa o Dom Barreto, mas o Dom Barreto não deixa a gente”. Felizmente.

À Sônia Campelo, parafraseando a Dailme, “a professora mestra”.

À Gisele e Veloso, pela amizade, sugestões, leituras e paciência.

Ao Adriano, Adilma, André, Cristóvão, Jairo, Marisa, Márcio, Neli e Noeli, por serem exatamente as pessoas que são.

À Juli, pela rica e pacífica convivência em Florianópolis.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FOTOS.....	viii
LISTA DE MAPAS.....	viii
LISTA DE ANEXOS.....	ix
RESUMO.....	ix
RÉSUMÉ.....	x

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. BASE CONCEITUAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>3</b>
1.1 CONCEITOS GEOMORFOLÓGICOS DA EVOLUÇÃO DO RELEVO E DA DINÂMICA DAS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS PARA A ÁREA DE ESTUDO.....	3
1.2 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA.....	10
1.3 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	11
1.3.1 Trabalhos de campo.....	11
1.3.2 Trabalhos de laboratório.....	12
1.3.2.1 Fotointerpretação da área.....	12
1.3.2.2 Elaboração do Mapa Planialtimétrico do Parque Nacional de Sete Cidades.....	13
1.3.2.3 Elaboração dos Mapas Geomorfológico e Geológico.....	14
1.3.2.4 Elaboração dos perfis topográficos.....	15
1.3.2.5 Granulometria.....	17
<b>2. BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA: ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 GEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA.....	18
2.2 UNIDADES BASAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA.....	20
2.3 GRUPO SERRA GRANDE.....	22
2.4 GRUPO CANINDÉ.....	23
2.5 GRUPO BALSAS.....	26
2.6 GRUPO MEARIM.....	27
2.7 EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA BACIA.....	30
2.8 GEOMORFOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA.....	32
2.8.1 Aspectos gerais.....	32
2.9. RELEVO PIAUIENSE.....	34



<b>3. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>41</b>
3.1 BREVE RESGATE HISTÓRICO.....	41
3.2 ASPECTOS LEGAIS.....	42
3.3. ASPECTOS ARQUEOLÓGICOS.....	49
3.4 ASPECTOS FÍSICOS.....	52
3.4.1 Hidrografia.....	52
3.4.2 Climatologia.....	54
3.4.3 Relevo.....	55
3.4.4 Vegetação.....	55
3.4.5 Solos.....	58
<b>4. PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES: GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>59</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES.....	59
4.1.1 A rocha matriz: o arenito.....	59
4.1.2 Deposição dos sedimentos arenosos de Sete Cidades.....	69
4.1.3 Tectônica.....	64
4.1.4 Estruturas Sedimentares.....	66
4.1.5 Mapa Geológico da Zona dos Monumentos de Sete Cidades.....	69
4.2 APRESENTAÇÃO DAS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS.....	71
4.2.1 Relevo.....	71
4.2.2 Drenagem.....	75
4.3 MODELADO RUINIFORME .....	76
4.4 FEIÇÕES RUINIFORMES.....	82
4.4.1 Túneis anastomosados.....	82
4.4.2 Alvéolos e Arcos.....	83
4.4.3 Efeitos de poligonação .....	85
4.4.4 “Canhões” .....	91
4.5 LAJEADO.....	95
4.6 FORMAÇÕES ARENOSAS.....	95
4.7 COURAÇA FERRUGINOSA.....	98
4.8 HIDROMORFIA E ZONAS INUNDÁVEIS.....	100
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>103</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>107</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>112</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição colorida dos canais 3, 4 e 5, da imagem LANDSAT TM de 23/8/98 do Parque Nacional de Sete Cidades.....	17
Figura 2: Localização da Bacia Sedimentar do Parnaíba, modificado de Petri e Fúlvaro (1983).....	18
Figura 3: Limites da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Fonte: Cunha (1986).....	19
Figura 4: Carta estratigráfica das Formações Geológicas da Bacia do Parnaíba. Fonte: Góes e Feijó (1994).....	21
Figura 5: Perfil geológico e topográfico da Bacia Sedimentar do Parnaíba, modificado de Mendes (1971). Fonte: Lima (1987).....	25
Figura 6: Compartimentos Regionais do Relevo do Estado do Piauí, modificado de Lima (1987).....	38
Figura 7: Zoneamento do Parque Nacional de Sete Cidades: detalhe da zona de uso intensivo. Fonte: Folder Turístico, IBAMA (2000).....	50
Figura 8: Mapa contendo a divisão das sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Parnaíba. Fonte: CEPRO (1990).....	53
Figura 9: Precipitações anuais nos municípios de Piracuruca e Piripiri, no intervalo de 1913 a 1985. Organizado por Janaina Santos. Fonte: SUDENE (1990).....	55
Figura 10: Parque Nacional de Sete Cidades, tipos de vegetação. Fonte: Oliveira (2000).....	57
Figura 11: Esquema de interface rio/mar em um estuário. Fonte: Fortes (1996).....	63
Figura 12: Sucessão de dois ciclos de sedimentação em Sete Cidades. Fonte: Fortes (1996).....	63
Figura 13: Mapeamento das falhas e fraturas do Parque Nacional de Sete Cidades. Fonte Fortes (1996).....	65
Figura 14: Mapeamento geológico da área do Parque que corresponde às chamadas Sete Cidades, modificado de Fortes (1996).....	70
Figura 15: Perfil topográfico e geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades.....	74
Figura 16: Modelado Ruiniforme. Fonte: Mainguet (1972).....	77
Figura 17: Ampliação de uma parte da fotografia aérea que cobre a Zona dos Monumentos Geológicos de Sete Cidades, observa-se que os afloramentos rochosos foram isolados seguindo o plano dos fraturamentos, N-S, NW-SE, NE-SW.....	80
Figura 18: relação das fraturas com o eixo diagonal de um corpo rochoso( $\alpha$ ) fraturas longitudinais, ( $\beta$ ) e ( $\gamma$ ) fraturas diagonais, ( $\delta$ ) fraturas transversal adaptado de Lockzy e Ladeira (1980).....	88
Figura 19: Junções tríplexes. Fonte: Fortes (1996).....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Processos de intemperismo. Fonte: Suguio (1994).....	7
Tabela 2: Grupos e categorias de unidades de conservação. Fonte: Lei 9.985/00.....	44
Tabela 3: Classificação das estruturas das rochas sedimentares. Fonte: Pettijohn (1963).....	68
Tabela 4: Distribuição das frações granulométricas de amostras das formações arenosas recolhidas em Sete Cidades.....	96
Tabela 5: Granulometria das amostras das formações arenosas que apresentaram também os grãos nos tamanhos silte e argila.....	97



## LISTA DE FOTOS

Foto 1: Placa situada nas entradas norte e sul do Parque, mostrando uma visão global do Parque com a localização das chamadas Sete Cidades e do zoneamento do Parque.....	48
Foto 2: Paineis de pinturas rupestres na Pedra do Leque, situada na Serra da Descoberta. Observa-se à esquerda um zoomorfo típico da Tradição Agreste e grafismos geométricos.....	52
Foto 3: Vista da zona de pavimentos de blocos, observa-se a declividade do terreno, a presença dos blocos de rocha e das formações arenosas.....	73
Foto 4: À esquerda, a primeira elevação que se observa é o Morro do Cochicho; seguida do maciço rochoso da Serra Negra; observa-se que a extremidade da Serra Negra foi esculpida em blocos rochosos individualizados de feições do modelado ruiniforme alto correspondendo à Segunda Cidade; no fundo, à direita, em primeiro plano a elevação que se destaca é o morro do Bom Gosto que está fora do Parque, no segundo plano os monumentos do modelado ruiniforme alto da quarta cidade.....	79
Foto 5: Mapa do Brasil.....	81
Foto 6: Perfil de Dom Pedro I.....	81
Foto 7: Os três reis magos.....	81
Foto 8: Pedra do cachorro.....	81
Foto 9: Túneis anastomosados. Superfície rochosa com várias perfurações e alguns ressaltos na rocha.....	83
Foto 10: O Arco do Triunfo na Segunda Cidade.....	84
Foto 11: Biblioteca, a rocha foi erodida corresponde à estratificação plano paralela na base tendo a estratificação cruzada no topo, formando um amplo arco. ....	85
Foto 12: Vista geral da Tartaruga, monumento da Sexta Cidade, observa-se claramente a poligonação no flanco.....	86
Foto 13: Polígonos de 3, 4, 5 ou 6 lados na superfície rochosa da Tartaruga.....	89
Foto 14: Polígonos de 4 ou 5 lados resultantes da junção das fraturas com a estratificação, presentes na maior parte dos afloramentos rochosos de Sete Cidades.....	89
Foto 15: Pináculos presentes na Tartaruga: pequenas torres isoladas e o padrão poligonal do arenito.....	90
Foto 16: Área dos “canhões”, observa-se as folhas de limonita acompanham a disposição da estratificação cruzada.....	93
Foto 17: “Canhões”, anel de Liesegang cortado por fratura.....	93
Foto 18: “Canhões”, bandeamento em anéis concêntricos.....	94
Foto 19: “Canhões”, bandeamento em anéis concêntricos.....	94
Foto 20: Pisólitos e pequenos blocos de couraça ferruginosa.....	100

## RESUMO

O Parque Nacional de Sete Cidades está localizado no município de Piracuruca, Piauí. Foi criado em 8 de junho de 1961, devido a sua beleza cênica, observada nos seus monumentos geológicos e nas pinturas rupestres e por abrigar várias nascentes perenes de água. Essa pesquisa está fundamentada em um mapeamento geomorfológico na escala de 1: 25000, escala adequada para o estudo dos modelados e das formações superficiais, procurando efetuar a descrição do substrato rochoso e das estruturas associadas e sua influência na esculturação do modelado e realizar também o estudo das formações superficiais. Teve como objetivo estabelecer o quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, sendo para isso necessário localizar, identificar e descrever as feições geomorfológicas que constituem seu relevo, seu modelado e suas formações superficiais. O mapeamento realizado permitiu o reconhecimento das seguintes feições geomorfológicas: os afloramentos rochosos, maciços ou desmantelados em modelado ruiforme alto e modelado ruiforme baixo, afloramentos rochosos planos (chamados de lajeado), e as formações superficiais que são compostas por: pavimentação de blocos, formações arenosas e couraça ferruginosa. Duas planícies inundáveis são ocupada por solos hidromórficos do mesmo dos fundos de vales que apresentam pontualmente a turfa. Foi assim constatado que o modelado ruiforme de Sete Cidades é de origem estrutural em ligação intrínseca com as estruturas sedimentares do arenito e a existência de falhas e fraturas; as formações arenosas espessas de fraco desenvolvimento pedológico et as couraças ferruginosas seria o único elemento para estabelecer um esboço de evolução geomorfológica num quadro regional.



## RÉSUMÉ

Le *Parc National de Sete Cidades* est localisé dans la municipalité de Piracuruca, au Nord du Piauí. Fut créé le 8 juin 1961, pour préserver sa beauté scénique, ses monuments géologiques et ses peintures rupestres, et pour protéger diverses sources d'eau perennes. La présente recherche est basée sur une cartographie géomorphologique au 1: 25000, échelle convenable pour les études du modelé et des formations superficielles; fut ainsi effectuée une description du substrat rocheux, des structures associées, et leur influence sur le modelé et réalisé l'étude des formations superficielles. Pour définir le cadre géomorphologique du *Parc National de Sete Cidades*, fut nécessaire de localiser, d'identifier et de décrire les traits géomorphologiques qui constituent son relief, son modelé ainsi que les formations superficielles. La cartographie réalisée a parmi la reconnaissance des traits géomorphologiques suivants: les affloraments rocheux, massifs ou démantelés en modelé ruiniforme haut et modelé ruiniforme bas, les affloremments rocheux plans ou dalles (apellés *lajeados*) et les formations superficielles qui sont composées par: pavimentation de blocs, formations sableuses et cuirasses ferrugineuses. Deux plaines inondables sont ocupés par des sols hydromorphes de même que les fonds de vallés qui présentent ponctuellement de la tourbe. Fut ainsi constaté que le modelé ruiniforme du *Sete Cidades* est d'origine structurale en liasion intrinsèque avec les structures sédimentaires du grés et l'existence des failles et des fractures; les formations sableuses épaisses de faible développement pédologique et les cuirasses ferrugineuses seraient l'unique élément pour établir une esquisse d'évolution géomorphologique dans cadre régional.

## INTRODUÇÃO

Nas bordas das chapadas e cuestas dos arenitos devonianos da Bacia Sedimentar do Parnaíba é comum a presença do modelado ruiniforme (Moreira, 1977; Pellerin, 1984), de grande beleza cênica, permitindo à imaginação humana identificar perfis semelhantes a rostos humanos, animais e objetos.

As concentrações mais expressivas desse modelado, no Piauí, foram transformadas em três parques nacionais: Sete Cidades, no norte, e Serra da Capivara e Serra das Confusões, no sul. A presença de vestígios arqueológicos é outro elemento comum a esses três parques. Na Serra da Capivara, dados obtidos em 30 anos de pesquisa arqueológica revelam sinais de presença humana de 48.000 anos BP. (Guidon et al., 1994).

A caracterização do meio físico piauiense quanto aos aspectos da sua geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia e vegetação privilegia escalas menores, englobando todo o estado. Tal caracterização é encontrada nos estudos do projeto RADAM de 1973, e nas publicações de Moreira (1977), Lima (1987) e Rivas (1996).

O Piauí carece, portanto, de estudos geomorfológicos detalhados sobre modelados e formações superficiais, pois seu único trabalho existente é o de Pellerin (1984), realizado no Parque Nacional Serra da Capivara, no sul do Estado.

Para esta pesquisa foi escolhida uma das concentrações de modelado ruiniforme do Estado, o Parque Nacional de Sete Cidades, localizado no nordeste do Estado do Piauí, no Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Foi criado em 1961 para preservar o bioma de cerrado, os monumentos geológicos, as nascentes perenes de água e os sítios arqueológicos.

Sete Cidades tem seus afloramentos rochosos esculpidos em modelado ruiniforme, apresentando formas que se assemelham a tartarugas, arcos e canhões. No sopé dos afloramentos estão os lajeados e as coberturas arenosas. Verifica-se também a presença de couraça ferruginosa. Diante da diversidade das feições geomorfológicas buscou-se, nesta pesquisa, estudar o modelado e as formações superficiais, para definir o sistema morfogenético e sua dinâmica.

Para inventariar os processos que provocam modificações de origem externa numa paisagem e que lhe dão suas características próprias, ou seja, para explicar um modelado que numa escala de detalhe é resultado da evolução das formas dominantes da paisagem, recorre-se ao sistema morfogenético, que permite agrupar zonas com o mesmo modelado.



O trabalho de Monique Mainguet, de 1972, a respeito dos modelado sobre os arenitos na África, permitiu a individualização de quatro sistemas morfogenéticos. Interessa particularmente a este trabalho o modelado que engloba as feições ruiformes encontradas na República Centro-Africana, denominado “sistema morfogenético arredondado ruiforme” encontrado principalmente no Sahel. Tal sistema é uma conjunção de aspectos arredondados e de aspectos ruiformes.

Em 1984 Pellerin fez a caracterização do quadro geomorfológico do Parque Nacional Serra da Capivara, verificando que as Formações Serra Grande e Cabeças possuem características do sistema morfogenético arredondado ruiforme da República Centro-Africana. Na Serra da Capivara o trabalho foi conduzido de modo a estudar os elementos constituintes do quadro geomorfológico, efetuando a descrição do substrato geológico, do relevo, do modelado e das formações superficiais.

A paisagem em Sete Cidades também possui o modelado ruiforme, revelando similaridade com o Parque Nacional Serra da Capivara. Utilizando Pellerin (1984) e Mainguet (1972) como referencial de estudo de detalhe desse modelado ruiforme, propõe-se aqui um realizar estudo geomorfológico para Sete Cidades. Esta pesquisa teve, portanto, o **objetivo geral** de estabelecer o quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades. Foram também seus **objetivos específicos**: localizar, identificar e descrever as feições geomorfológicas que constituem o modelado e as formações superficiais do referido Parque.

Para apresentar o quadro geomorfológico esta dissertação está organizada conforme se descreve a seguir:

O primeiro capítulo da dissertação contempla breve reflexão a respeito das diretrizes tomadas na realização da pesquisa: as questões da geomorfologia relacionadas à área de estudo, da cartografia geomorfológica e dos procedimentos operacionais.

O segundo capítulo apresenta a Bacia Sedimentar do Parnaíba, onde está inserido o Parque Nacional de Sete Cidades, trazendo a caracterização do meio físico, nos aspectos da geologia e da geomorfologia. No terceiro capítulo é apresentada a área de estudo, com seu histórico, aspectos legais e dados referentes ao seu meio físico.

O quarto capítulo traz os comentários do mapa geomorfológico, modo de representação escolhido para apresentar o modelado e as formações superficiais de Sete Cidades; encerrando, o quinto capítulo traz as considerações finais a respeito do trabalho que ora se apresenta.

## 1. BASE CONCEITUAL E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 1.1 CONCEITOS GEOMORFOLÓGICOS DA EVOLUÇÃO DO RELEVO E DA DINÂMICA DAS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS PARA A ÁREA DE ESTUDO

A Geomorfologia, que se dedica primordialmente ao estudo das formas de relevo, tem por objetivo descrever e investigar a gênese, o desenvolvimento e a função das formas de relevo (Tricart, 1976; Penteado, 1984; Marques, 1996). Desta forma, um estudo geomorfológico deve contemplar dados referentes ao relevo, ao modelado e às formações superficiais.

O relevo é "...o conjunto de desnivelamentos da superfície terrestre. Compreende as formas emersas e submersas, com diversas escalas. Assim os pequenos sulcos e pequenas formas com um metro ou menos constituem as microformas de relevo, enquanto extensas cadeias de dobramentos fazem parte das macroformas" (Guerra e Guerra, 1997).

O relevo é o resultado da combinação de três fatores estruturais: a litologia, a estratigrafia e a tectônica com os resultados dos processos de evolução da geodinâmica externa. Resulta da atuação de dois grupos de força: um de origem endógena ligada a tectônica, e outro de origem exógena, vinculado a desgastes e acumulação produtos da geodinâmica externa. (Manguet, 1972; Guerra e Guerra, 1997).

O modelado "é o resultado da evolução das formas de uma paisagem, onde o relevo traduz a estrutura. É a expressão momentânea de uma dinâmica externa, da influência de agentes de um sistema morfogenético sobre a crosta terrestre" (Manguet, 1972).

As formações superficiais são materiais diferentes, mas provenientes, daqueles do substrato geológico, elaboradas sob a influência das condições dos afloramentos e da dinâmica de interface (Tricart, 1976). Já para Joly & Dewolf (1978) "são materiais móveis (ou secundariamente consolidados) de origem continental, provenientes de rochas preexistentes" que podem ser autóctones, ou seja, provenientes do substrato rochoso original, ou alóctone, produto de migrações ou remanejamentos de materiais de outras áreas.

Esta pesquisa refere-se a um mapeamento geomorfológico realizado na escala de 1:25000, considerada por (Coltrinari 1982; Nunes et al. 1996) escala adequada ao estudo dos modelados e das formações superficiais. Na sua realização, procurou-se levar em conta algumas diretrizes de um trabalho geomorfológico: a descrição do substrato rochoso e das estruturas associadas e sua influência na esculturação do modelado; o estudo das formações superficiais.



O substrato rochoso em questão corresponde ao arenito, rocha sedimentar de origem fluvial, marinha, eólica ou continental. Nos seus afloramentos se encontram as estruturas sedimentares, que segundo Suguio (1994) são propriedades inerentes ao processo de deposição e são observadas em campo nos afloramentos rochosos. Oportunamente esse tópico será retomado, precisamente no que se refere aos resultados da pesquisa.

Mainquet (1972) realizou um levantamento sobre o modelado no arenito, em áreas da África e da Europa, englobando os climas tropical úmido, tropical semi-árido e temperado. Em seu trabalho a referida autora busca “inventariar os motivos elementares do modelado em arenitos, reconhecer suas combinações e hierarquias”, usando para isso a concepção de sistema morfogenético. Mainquet utiliza concepções de Jean Tricart e, principalmente, de Jean Hurault.

Um sistema morfogenético é, para Tricart (1955, citado por Mainquet, 1972), “todo um conjunto de processos complexos que se associam uns aos outros para comandar a evolução das vertentes”. O sistema morfogenético é uma combinação de fatores estruturais (tectônica e litologia) e das condições climáticas atuantes (Tricart, 1976).

Hurault (sd, citado por Mainquet, 1972) verificou não haver ligação entre sistema morfogenético e zona climática, pois numa zona climática coexistem “paisagens regionais” que traduzem comportamentos em face da erosão mas também da influência de uma história paleoclimática.

De acordo ainda com Hurault (sd, citado por Mainquet, 1972), as formas de relevo de determinada área podem ser consideradas como a expressão de um sistema. Cada um dos sistemas repousa sobre leis físicas precisas e podem ser descritos em função dos processos que estão em jogo. Os processos de evolução desses sistemas parecem, segundo esse autor, sujeitos a uma certa inércia, uma vez que sua evolução continua mesmo sem todas as condições que o implantaram ou mesmo que o clima tenha mudado.

Mainquet (1972) estabelece os fatores para a existência de um sistema morfogenético: a repetição estatisticamente significativa, numa área, de um modelado e seus motivos simples e/ou combinados e o fato de os dados estruturais e climáticos comandarem mecanismos de sua gênese, de sua coordenação e hierarquização.

Essa autora reconheceu nos arenitos os seguintes sistemas morfogenéticos:

O **sistema de arenitos com cumeada polida convexa**: “onde a evolução se faz sem recuo das encostas paralelamente a si mesmas, sem ruptura de declive, pelo rebaixamento progressivo”.

O **sistema de arenitos com fino manto de alteração e com couraça**: “caracterizado por relevo ondulado com topos convexos onde a monotonia é rompida por cicatrizes côncavas na cabeceira do vale ou por encostas com degraus distinguidos por planos estruturais”.

O **sistema tropical úmido de arenitos expostos**: “caracterizado por testemunhos com encostas côncavas com topos convexos e ovóides individualizados a partir dos planos de diáclases”.

O **sistema arredondado ruiniforme do tipo Mali-Mauritania** “onde se justapõem duas áreas uma com formas arredondadas outra com modelado ruiniforme”.

O **sistema eólico do tipo peri-Tibesti** “conjunto de cristas e caneluras em configuração arqueada ao redor do Tibesti”.

Os três primeiros ocorrem na zona tropical úmida e Mainguet (1972) chama a atenção para o fato de serem os arenitos as únicas rochas que podem apresentar-se expostas em climas com mais de 2000mm de precipitação anual. Uma mesma área pode apresentar uma junção desses sistemas por ela considerados. Por exemplo: área com o sistema de arenitos com fino manto de alteração e com couraça pode apresentar monolitos que segundo Mainguet (1972) pertence ao sistema tropical úmido de arenitos expostos ou nus.

A evolução do sistema de arenitos com fino manto de alteração e com couraça manifesta-se pela existência de couraças antigas em topos de interflúvios; pelo aparecimento de monolitos e de grandes concavidades.

Este sistema foi observado na República Central Africana e Mainguet (1972) afirma que em todos os locais onde esse sistema ocorre, ocorrem couraças atuais. E também que no arenito de Mouka-Ouadda na República Central Africana “os níveis de couraça funcionais” aparecem e se desenvolvem na parte inferior das encostas e podem coalescer com as couraças de fontes e concreções. Tais possibilidades relacionam-se às facilidades, maiores ou menores de percolação da água naquele arenito.

No sistema tropical úmido de arenitos expostos, segundo Mainguet (1972), vê-se que ele evolui por “suas próprias leis físicas” originando-se em formas modeladas a partir de cobertura de alteritos. Nesse sistema, os arenitos e suas estruturas – diáclases e falhas – são mais visíveis porque estão expostos em malhas irregulares.

Sobre estas estruturas os rios entalham seus cursos sem grande profundidade, os vales são alargados, havendo o recuo das encostas. Os cursos não muito definidos podem fazer parte de uma espécie de fluxo endorréico dentro de formas pseudo-cárticas, de acordo com aquela autora.



O arenito exposto tem uma feição por vezes arredondada e corroída, devido provavelmente à desagregação granular, confirmada pela ausência de blocos em suas encostas e sopés (Mainguet, 1972).

O sistema arredondado ruiniforme ou saheliano, este último nome devido ao local estudado por Mainguet (1972), atingiu grande extensão dentro dessa zona, existindo também dentro da zona tropical seca. Para ela, isso demonstra que as feições neste sistema, como nos demais, não tem relação com as condições climáticas atuais.

Nesse sistema ocorre a justaposição, dentro da mesma paisagem, sobre arenitos, de formas arredondadas e aspectos ruiniformes e as declividades baixas são mais freqüentes que as declividades altas. Ao lado de formas planas e curvas, ocorrem perfis angulosos com degraus de várias escalas e a ausência de superfícies planas contínuas (Mainguet, 1972).

Para Mainguet (1972), o modelado ruiniforme coexiste com o arredondado como duas paisagens dentro de um mesmo sistema morfogenético, onde os degraus e patamares evoluem para formas arredondadas e para as ruiniformes, segundo as direções de ruptura paralelas e perpendiculares às bordas.

Convém salientar que para esta rocha particular, os degraus e patamares existem tanto nos sistemas morfogenéticos tropicais úmidos com arenitos expostos quanto no sistema saheliano (Mainguet, 1972). No último, entretanto, eles são mais presentes devido à interação dos recuos ativos de camada por camada com rupturas verticais determinadas pelas diáclases e outras fraturas.

O modelado ruiniforme se expressa acentuadamente sobre os prismas rochosos assim estabelecidos. Cumpre lembrar que os sistemas de fraturas se mostram mais abertos nas bordas dos patamares.

Mainguet (1972) atesta que há uma passagem do modelado tabular para o ruiniforme que produz blocos soltos que se degradam *in situ*. O modelado ruiniforme resultaria da abertura dos planos de ruptura combinada com aquela dos planos estruturais, porém sempre com a presença de água. Portanto, no arenito estratificado exposto, a “disposição, a densidade e o grau de abertura são aspectos essenciais” para esse modelado.

O modelado ruiniforme é um fenômeno azonal encontrado por todos os lugares onde haja um mínimo de água cujos efeitos de percolação são favorecidos pela própria estrutura da rocha. É condição fundamental que a rocha seja desnudada.

Quanto às formações arenosas, deve-se considerar que o substrato rochoso está exposto às variações dos agentes atmosféricos e à ação de organismos vivos. A combinação desses fatores é chamada de intemperismo e ocorre entre a atmosfera e a litosfera, provocando

a desagregação das rochas em fragmentos de vários tamanhos. A mudança provocada pelo intemperismo é irreversível, gerando novos produtos e resíduos da rocha mãe (Shamma, 1986; Suguio, 1994).

O intemperismo depende de três fatores: condições climáticas, propriedades dos materiais e variações locais (vegetação, animais, lençol freático, entre outros). Pode ser de natureza física, química com contribuição ou não de organismos vivos e/ou mortos (tabela 1).

Tipos de intemperismo	Exemplos	Resumo
<b>Físico</b>	Alívio de pressão (expansão da rocha durante a erosão) Expansão térmica (insolação) Congelamento/degelo (ação de cunha)	Em geral, de importância secundária. Redução da granulometria e aumento de superfície específica, sem mudança de composição química.
<b>Químico</b>	Dissolução Hidratação e hidrólise Oxidação (como ou sem aumento de valência) Redução Carbonatação (em parte, reações de troca)	Ocorre completa mudança das propriedades físicas e químicas. Aumento no volume dos compostos minerais formados secundariamente,
<b>Biológico</b>	Ação de cunha das raízes Ação de escavação de animais Ácidos vegetais	Combinação de efeitos de Intemperismo físico e químico

Tabela 1: Processos de intemperismo. Fonte: Suguio (1994).

O material intemperizado é a matéria-prima do solo, entendido como parte do manto de intemperismo que sofreu decomposição e modificação suficientes para torná-lo apto a comportar o desenvolvimento de vegetais superiores. Ele é composto por material mineral e/ou orgânico, inconsolidado, poroso e finamente granuloso (Bigarella et al., 1994).

Das variações e combinações de fatores como: intemperismo, pedogênese, tipos de estratos rochosos, clima, vegetação e relevo resultam os vários tipos de solo.

De acordo com Reatto et al. (1998), os solos podem ser atrelados ao tipo de bioma. Nesse sentido os principais solos do cerrado (bioma presente no Parque Nacional de Sete Cidades), são os seguintes: latossolos, areias quartzosas, podzólicos, terra roxa estruturada, cambissolos, plintossolos, litossolos, hidromórfico cinzento, glei pouco húmico e glei húmico.

As formações arenosas em Sete Cidades são: as areias quartzosas e os solos hidromórficos.

As areias quartzosas são constituídas por horizontes arenosos de areia inconsolidados, muito porosos e excessivamente drenados e com água disponível até 2m de profundidade; tem



baixa disponibilidade de nutrientes para as plantas, e baixos teores de argila (Reatto et al., 1998).

Os solos hidromórficos ocupam depressões mal drenadas e sujeitas a inundações. Têm uma espessa camada de matéria orgânica mal decomposta sob uma camada acizentada pela presença de matéria orgânica (Reatto et al., 1998). São solos cuja formação e evolução estão relacionadas à existência de condições hídricas particulares caracterizadas por um excesso de água de modo temporário ou permanente, na totalidade ou em uma parte do perfil (Vizier, 1983).

Kouda (1965, citado por Vizier, 1983), concebe a hidromorfia ou os solos atingidos por esse fenômeno como solos que durante sua formação foram submetidos a flutuações no lençol freático. Solos hidromórficos também evoluem por acumulação de matéria orgânica sob efeito de excesso de água (Mc Kenzie 1974, citado por Vizier, 1983).

Certos solos hidromórficos possuem em profundidade horizontes courácicos, especialmente ferruginosos. A existência dessas couraças se liga às flutuações do lençol freático que enriquece o horizonte de sesquióxidos (Maignien 1966, citado por Bigarella et al., 1994).

O outro elemento constituinte das formações superficiais é a couraça ferruginosa.

Existem vários materiais com características em comum que recebem a denominação geral de laterita, termo amplo, que designa as couraças/carapaças ferruginosas, aluminosas ou manganíferas, as plintitas, os solos ferralíticos, os solos lateríticos e os oxissolos (Bigarella et al., 1994).

De maneira geral, as lateritas são produtos comuns da alteração das rochas sob os climas tropicais. O termo vem do latim *later*, que significa tijolo (Tardy, 1993).

O termo foi usado de maneira restrita durante algumas gerações de pesquisadores para designar materiais endurecidos. Hoje o termo é mais usado para designar todas as coberturas e alterações móveis ou endurecidas. Uma grande parte dessas coberturas é velha, de alguns milhares de anos (Tardy et al., 1991).

Costa (1987, citado por Bigarella et al., 1994), considera a laterita como associação de materiais incoesos ou compactos que resultam da ação do intemperismo químico sob condições tropicais. Esse material incoeso consiste em óxido e hidróxidos de Fe, Al, Mn, Ti, ou de fosfatos de Al e Fe, ou de argilo-minerais do grupo da caolinita.

De acordo com Thomas (1974, citado por Bigarella et al., 1994), trata-se de material altamente intemperizado, rico em óxidos de Fe e Al. O material endurecido é constituído por concreções ou nódulos dentro de uma matriz arenosa e podem ser em forma de: **nódulos**, que são as concreções sem laminações concêntricas, ou de **oolitos ou pisólitos**, constituindo as concreções com laminações concêntricas.

Davis (sd, citado por Nascimento, 1993), postula que o aparecimento de carapaça ferruginosa ocorre quando o relevo está rebaixado. Nas vertentes com baixo declive e nos vales aprofundados, há diminuição do regime torrencial e aumento da temperatura. Os detritos removidos pelo "creep" e a lenta percolação do lençol freático provoca a penetração da alteração, e ocorrem as reações químicas necessárias para a formação da crosta ferruginosa.

King (sd, citado por Nascimento, 1993), considera que as únicas superfícies que acumulam crostas espessas de precipitados de oxi-hidróxido de ferro, carbonatos, sílica e outros são as que permaneceram por longo períodos sem serem rebaixadas por erosão. As crostas ferruginosas foram geradas por fenômenos de precipitação dos constituintes ferruginosos das rochas, lixiviados pela ação do lençol freático. Desta forma para Davis e King as couraças ferruginosas estão ligadas a evolução do relevo escarpado e as superfícies aplainadas ou em via de aplainamento.

Para Millot (1983), a paisagem de crostas ferruginosas é aquela em que a acumulação de ferro se desenvolve por preenchimento de vazios e epigenia dos minerais primários; com a ação da pedogênese ocorrem as reestruturações, as nodulações, e o retrabalhamento interno, indicando crescente degradação do material.

A dissolução do ferro, a hidrólise da argila e a lixiviação causam a liberação do esqueleto residual do quartzo que abre caminho para o lixiviamento dos horizontes basal, interno e superficial. A erosão superficial por escoamento superficial pode atacar o horizonte superficial, permitindo que a crosta de ferro formada aflore (Millot, 1983).

O nivelamento da paisagem da crosta de ferro ocorre por combinação do intemperismo, da acumulação de ferro com volume constante e da reestruturação pedológica dos horizontes lixiviados com volumes desagregados (Millot, 1983).

Couraças ferruginosas são encontradas nos distintos continentes e sobre diversos tipos de rocha e seus mantos de alteração. Mainguet (1972) afirma que couraçamento ocorrem em vários sistemas morfogenéticos, sendo um dos elementos próprios do sistema com mantos de alteritos finos; ela o reconhece na República Centro Africana e na Guiné e verificou que há couraças antigas e outras em formação. Identificou ainda "a existência de diferentes graus simultâneos de evolução de um mesmo fenômeno de couraçamento".

Na República Centro Africana essa autora classificou três tipos de couraça: uma de fonte, outra de "ressurgência de manto" de alteração e a terceira de níveis descontínuos.

As "couraças de fonte" teriam uma relação com fontes mais altas nas encostas, relacionadas a mantos de alteração que se afinam em quebra de nível do arenito sotoposto. Elas se expandem lateralmente seguindo o contato do arenito com o seu manto de alteração.



As couraças que Mainguet (1972) chamou de “couraças de ressurgência de manto” originam-se na baixa encosta, no caso da República Centro Africana. Elas têm relação com o nível do lençol freático, naquela situação do terreno foram encontradas em ambas as laterais do vale.

Couraçamento de níveis aparentemente descontínuos modelam os degraus em arenitos da República Centro Africana. Lá, Mainguet (1972) distinguiu até quatro níveis de couraça, descontínuos, explicados pela descontinuidade estrutural dos níveis de menor permeabilidade.

Em outro momento essa autora reconhece quatro tipos de couraça na República Centro Africana e constata que, nos arenitos mais do que em qualquer outra rocha, as couraças apresentam formas específicas estreitamente ligadas com as maneiras de circulação de água.

Estes quatro tipos seriam: a) couraças de fonte no topo das encostas; b) couraças de ressurgência de manto de alteração, na baixa encosta; c) couraças recobrimdo degraus escalonados essencialmente na borda do planalto, no contato da rocha-cobertura e ao longo dos vales que alcançam a rocha, próximas do topo dos interflúvios; d) e os fragmentos de couraça nos interflúvios.

## 1.2 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA

A cartografia é uma forma de linguagem, um meio de comunicação, cuja função é propiciar o conhecimento de um ou mais fenômenos sob a forma de mapa. Esses fenômenos podem ser naturais ou resultantes intervenção do homem na superfície terrestre. Para ser compreendida a cartografia utiliza símbolos e cores (Joly, 1990).

Como tem por finalidade representar, em superfície plana, certo fenômeno de determinada porção da superfície terrestre, o mapa mostra dados que permitem o conhecimento do local onde se situa o fenômeno estudado, a distribuição e a razão da ocorrência desta ou daquela forma. Diante disso, o mapa foi escolhido neste trabalho como instrumento de representação das feições geomorfológicas do Parque Nacional de Sete Cidades.

No mapeamento geomorfológico, segundo Nunes et al. (1995), deve-se estabelecer uma hierarquia entre os diversos grupamentos em que se dividem as abordagens geomorfológicas: os modelados, as unidades geomorfológicas, as regiões geomorfológicas e os domínios morfoestruturais.

Os modelados são os conjuntos de formas de relevo que possuem em comum a gênese e os processos morfogenéticos atuantes. Nas unidades geomorfológicas predominam

determinados tipos de modelado e de processos originários e formações superficiais. As regiões geomorfológicas são o agrupamento das unidades geomorfológicas de fatores semelhantes na sua evolução, onde os fatores climáticos imperam. Os domínios morfoestruturais são o agrupamento das regiões geomorfológicas, englobando aspectos da geologia e da geotectônica, os grandes arranjos estruturais e os arranjos regionais do relevo (Nunes et al., 1995).

Este estudo pretende fornecer dados que englobem os modelados e as unidades geomorfológicas, visando a identificar as formas, os processos originários e as formações superficiais.

Segundo Tricart (1970), um mapa geomorfológico deve contemplar as seguintes informações:

- ✓ Dados morfométricos: cuja fonte é o mapa topográfico, ou mapa base, de onde se utilizam, a curva de nível, a rede hidrográfica, e a rede viária.
- ✓ Dados estruturais: são as informações geológicas importantes para a geomorfologia, dados ligados à tectônica, como as falhas e as dobras, as diáclases, tipos de estruturas em áreas sedimentares, grau e tipo de intemperismo.
- ✓ Dados morfodinâmicos: relacionados com a dinâmica que gera a natureza das formas, referem-se às formações superficiais. Os depósitos de origem diversa devem ser representados.
- ✓ Dados morfocronológicos: a idade das formas e das formações superficiais deve, se possível, ser indicada; convém ressaltar que a idade proposta geralmente é relativa, não absoluta.

### 1.3 PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Com o objetivo de levantar os elementos que constituem o modelado e as formações superficiais do Parque Nacional de Sete Cidades, alguns procedimentos operacionais em campo e em laboratório foram efetuados para subsidiar esta pesquisa.

#### 1.3.1 Trabalhos de campo

Em campo procedeu-se o reconhecimento, a localização e a descrição das feições geomorfológicas e das formações superficiais presentes em Sete Cidades.



O trabalho de campo foi feito em duas etapas. A primeira em janeiro de 2000 e a segunda em julho. O primeiro serviu para um reconhecimento geral para obter uma noção ampla da área estudada, o segundo trabalho de campo, mais minucioso, permitiu reconhecer as feições geomorfológicas do Parque Nacional de Sete Cidades, percorrendo a pé significativa parcela de sua superfície.

Foram individualizados os seguintes elementos da morfologia: os afloramentos rochosos, em quatro configurações: maciços, modelado ruiniforme alto, de altura igual ou superior a 10 m; modelado ruiniforme baixo, de altura inferior a 10 m<sup>1</sup>; o lajeado. As formações superficiais identificadas foram os pavimentos de blocos, as formações arenosas e a carapaça ferruginosa.

Nas zonas de formações arenosas foram realizadas tradagens para uma caracterização mais acurada do material.

### 1.3.2 Trabalhos de Laboratório

Nos trabalhos de laboratório foram efetuadas as etapas de fotointerpretação da área, elaboração dos perfis topográficos, análise granulométrica e confecção e digitalização dos mapas.

#### 1.3.2.1 Fotointerpretação da área

A fotointerpretação desenvolveu-se em duas fases: na primeira fase foi montada uma base para a realização dos trabalhos de campo, e na segunda foi feita a fotointerpretação final.

Foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas da Aerofoto Cruzeiro S.A., realizadas em 1969 e 1974, em escalas aproximadas de 1:27.000 e 1:70.000 respectivamente. Foram fotointerpretados quatro pares de fotos na escala aproximada de 1:27.000 e um par de fotos na escala 1:70.000.

Embora a escala escolhida para o mapeamento final tenha sido 1:25.000, a utilização do par de aerofotograma na escala de 1:70.000 foi muito importante para sanar dúvidas em relação às feições geomorfológicas, porque os pares de fotografias aéreas na escala de 1:27000 eram fotocópias de fraca definição dos aerofotogramas originais.

---

<sup>1</sup> O critério utilizado foi a amplitude de altura das feições rochosas aflorantes.

Na fase inicial foram traçados os canais de drenagem, as estradas e algumas das rupturas côncavas e rupturas convexas, além das falhas e fraturas.

Com o auxílio do levantamento de campo, a segunda fase da fotointerpretação foi efetuada. Nela foram identificados e delimitados as seguintes feições: afloramentos rochosos, maciços ou em modelado ruiforme alto e baixo, lajeado, carapaça ferruginosa, pavimentos de blocos e formações arenosas, e as feições estruturais: rupturas côncavas, rupturas convexas, cornijas, falhas, fraturas, crista e escarpa de falha.

O trabalho de fotointerpretação foi realizado no Laboratório de Cartografia do Departamento de Geociências da UFSC, utilizando estereoscópios de espelho e de bolso.

Os "overlays" finais serviram de base para a cartografia digital dos mapas geomorfológico e geológico.

#### 1.3.2.2 Elaboração do Mapa Planialtimétrico do Parque Nacional de Sete Cidades

O Mapa Planialtimétrico do Parque Nacional de Sete Cidades foi feito utilizando: o mapa *Plano Geral de Ordenamento do Parque* obtido no Plano de Manejo de Sete Cidades; a fotointerpretação dos aerofotogramas na escala de 1:27000 e 1:70000 e os levantamentos em campo.

O problema inicial foi a escala do mapa *Plano Geral de Ordenamento do Parque* que é 1:40.000; mas tem vantagem de trazer as curvas de níveis em 10 em 10 metros. Na realidade, o maior problema era a falta de coordenadas geográficas no mapa impedindo execução de um procedimento comum, que seria ampliar por xerox até a escala de 1:25000. Havia o risco de ampliar ainda mais as distorções existentes nesse mapa sem coordenadas.

A solução foi utilizar fotografia, cuja incidência de distorção é menor que no xerox, foi feita uma ampliação fotográfica com controle de medidas para escala 1:25000.

Convém destacar que nenhum dos procedimentos citados é ideal. Todos os instrumentos, os mapas e as fotografias aéreas deveriam estar na mesma escala. Mas não há mapeamentos, nem recobrimentos aéreos disponíveis na mesma escala para a área de estudo escolhida.

Seguindo o memorial descritivo da área estabelecida como sendo o Parque Nacional de Sete Cidades, em 1979 o IBGE delimitou o parque implantando 28 marcos ao longo da cerca de limite.



Foi necessário percorrer a cerca e, com o auxílio de um GPS (Geografic Position Sistem), em cada um deles foi efetuada a leitura das coordenadas geográficas. Do total de 28 marcos, 11 não puderam ser plotados com o auxílio do GPS.

De posse dos componentes de localização (latitude e longitude dos marcos de limite do Parque) e da carta ampliada para a escala de 1:25000, foi possível iniciar os trabalhos de cartografia digital.

Paulino (sd, citado por Vieira, 1999), define cartografia digital como a elaboração de mapas georreferenciados em meio digital sem escala, que só vai existir quando da plotagem do mapa, sendo que o mapa no software está sendo feito na proporção de 1 : 1.

Foram inseridos no software *MicroStation 95* de forma manual, utilizando uma mesa digitalizadora, cinco pontos de inicialização da carta ampliada, ou seja, cinco marcos para georreferenciar o Parque, conferindo-lhe lugar no espaço.

Com o mapa georreferenciado, a digitalização foi posta em prática. Um arquivo foi gerado em 3D para a digitalização das curvas de nível desta carta que estão em equidistância de 10m sendo a cota mais baixa de 100m e a mais alta de 290m. Mais dois arquivos foram gerados: um arquivo referente à rede de drenagem e outro referente à rede viária.

Alguns cursos d'água foram acrescentados por informações obtidas em fotointerpretação; os pontos de observação foram todos obtidos com o uso do GPS.

A reunião dos arquivos das curvas de nível, da rede de drenagem e da rede viária e dos pontos de observação gerou o Mapa Planialtimétrico do Parque Nacional de Sete Cidades.

No Mapa Planialtimétrico do Parque Nacional de Sete Cidade foram inseridos os pontos com a localização dos dados compilados no terreno. Desta forma em vermelho estão representados os marcos de limite do parque, em preto os pontos de observação das feições geomorfológicas e em roxo os pontos de tradagem.

#### 1.3.2.3 Elaboração dos mapas geomorfológico e geológico

As feições geomorfológicas foram levantadas com o auxílio de: fotointerpretação, levantamento em campo e composição colorida de imagem de satélite LANDSAT TM de 23/8/98.

A qualidade das fotografias de 1:27000, como salientou-se aqui, não é boa; foi necessário usar: fotografias de 1:70000; pontos de observação de campo obtidos por GPS; e composição colorida da imagem de satélite. Quando surgia uma dúvida em relação à fotointerpretação, recorria-se ao uso integrado do instrumental acima citado, cruzando a

fotointerpretação com o respectivo ponto de observação e a resposta espectral da composição colorida. Somente a integração desses elementos permitiu montar os *overlays* finais que contém as feições geomorfológicas de Sete Cidades.

Foi também utilizada uma composição colorida das bandas 3, 4 e 5 da imagem LANDSAT TM, de 23 de agosto de 1998, elaborada e georreferenciada no software IDRISI (Figura 1).

As respostas espectrais dessa composição colorida refletem as diferentes feições geomorfológicas do Parque assim que foram identificadas no campo. As manchas em vermelho ao longo dos canais de drenagem, denotam claramente a presença de solo hidromórfico. A leste, o grande conjunto de modelado ruiforme baixo que está circundado a Serra Negra, foi mais bem delimitado com o auxílio dessa composição. Nela também se pode identificar, de maneira muito nítida, o sistema de falhas de Sete Cidades.

Nas partes inacessíveis do Parque essa imagem ajudou a generalizar os dados identificados em campo, em situações morfologicamente equivalente.

Os *overlays* gerados foram transferidos a um mapa base utilizando uma mesa de luz e posteriormente foram digitalizados no software *MicroStation 95*. O mapa base resulta da digitalização do *Plano Geral de Ordenamento do Parque*, ele apresenta as curvas de nível, a rede viária e a rede de drenagem.

O mapa geomorfológico é o resultado da junção dos arquivos dos elementos do mapa base com o arquivo dos “*overlays*” finais.

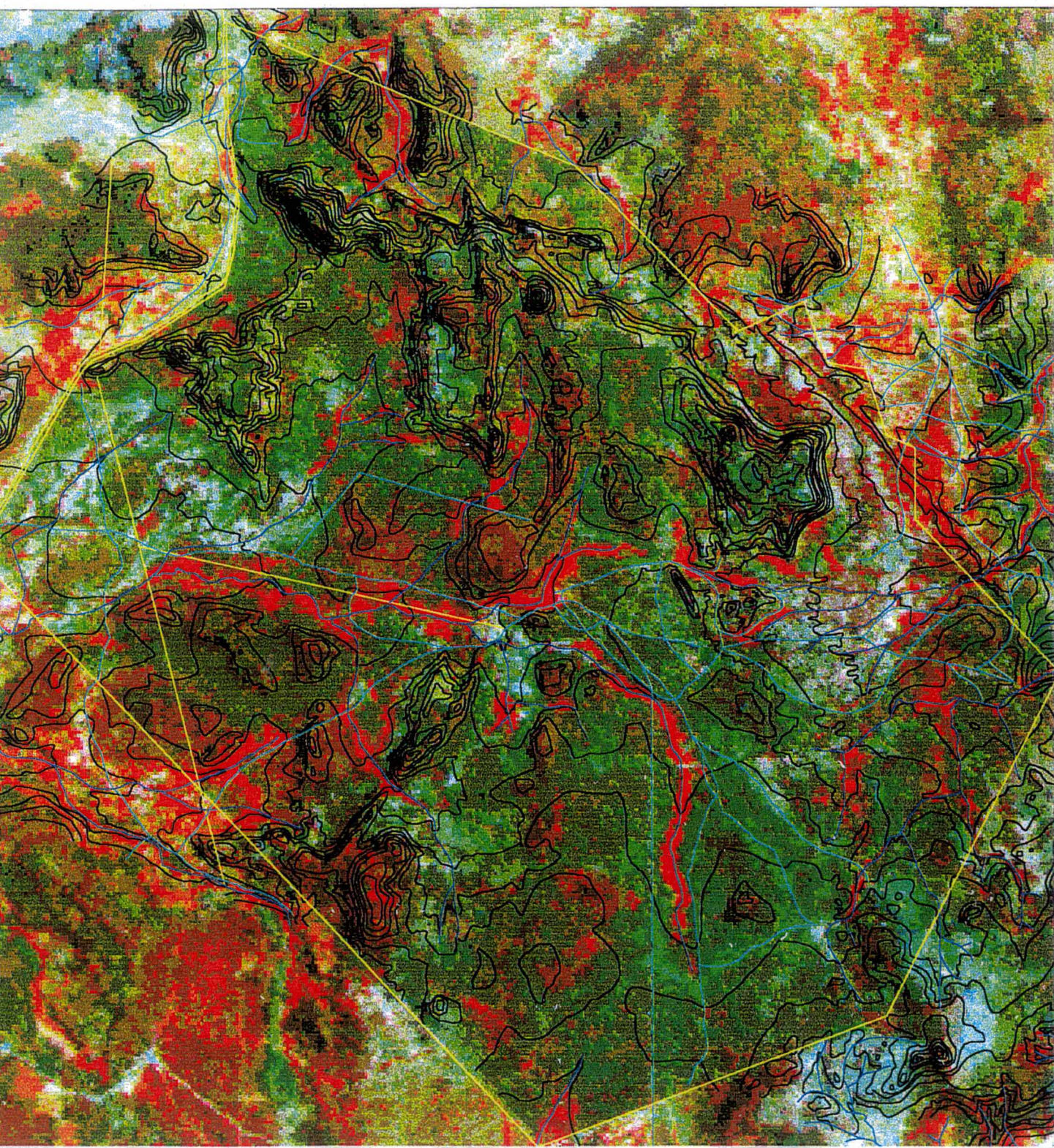
Foi também elaborado o mapa geológico do Parque que é o resultado da junção dos arquivos dos elementos do mapa base com os elementos da geologia ( litologia, falhas e fraturas) do arquivo dos “*overlays*” finais.

Todos os mapas foram obtidos por cartografia digital, utilizando-se o software *MicroStation 95*. Todas as fases da cartografia digital foram desenvolvidas no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da UFSC.

#### 1.3.2.4 Elaboração dos perfis topográficos

Elementos do Mapa Planialtimétrico do Parque Nacional de Sete Cidades, que possui as curvas de nível de 10 em 10 m, e do Mapa Geomorfológico permitiram elaborar e digitalizar os dois perfis topográficos da área de estudo.





Norte

Figura 1: Composição colorida dos canais 3, 4 e 5, da imagem TM LANDSAT de 23/8/98 do Parque Nacional de Sete Cidades.



### 1.3.2.5 Granulometria

A análise granulométrica de 41 amostras foi realizada principalmente para identificar a presença das frações silte e argila. Essa análise foi realizada nos laboratórios de Pedologia e Sedimentologia do Departamento de Geociências da UFSC, usando métodos convencionais de peneiramento para a fração grossa e de pipetagem para a fração fina.

Utilizando sete peneiras nas escalas: 4mm, 2mm, 1mm, 0,50mm, 0,125mm e 0,062mm, (as medidas em  $\phi$  correspondem a: -2, -1, 0, 1, 2, 3 e 4 respectivamente) o peneiramento foi realizado para classificar as frações grossas: de seixo, de grânulos, de areia e de areia fina. As peneiras são dispostas com o tamanho da malha diminuindo de cima para baixo.

A pipetagem foi utilizada para classificar os sedimentos finos, identificando os diâmetros 5, 6, 7 e 8 da fração silte; o diâmetro 9 da fração argila é calculado pela diferença de peso residual das classes precedentes. De acordo com Carvalho (1994, citado por Pontelli, 1998), o tempo das coletas das pipetagem obedece às relações entre a temperatura ambiente, a profundidade da amostra na proveta e o diâmetro das partículas. A dispersão dos materiais foi obtida com o defloculante composto de 35,7g de hexametáfostato de sódio ( $\text{Na}_2\text{PO}_3$ ) e 7,94g de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dissolvidos em 1000ml de água, na proporção de 10 ml de solução para cada 10g de amostra.



## 2. BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA: ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

Neste capítulo será apresentada uma visão geral do arcabouço geológico e geomorfológico da Bacia Sedimentar do Parnaíba, com a finalidade de fornecer o contexto físico geral da área onde está inscrito o Parque Nacional de Sete Cidades.

### 2.1 GEOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

A Bacia Sedimentar do Parnaíba, também conhecida como Bacia do Meio Norte ou Bacia do Piauí-Maranhão, localiza-se no nordeste do Brasil, ocupando uma área de aproximadamente 600.000 km<sup>2</sup>, abrangendo parte dos estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia (Figura 2).

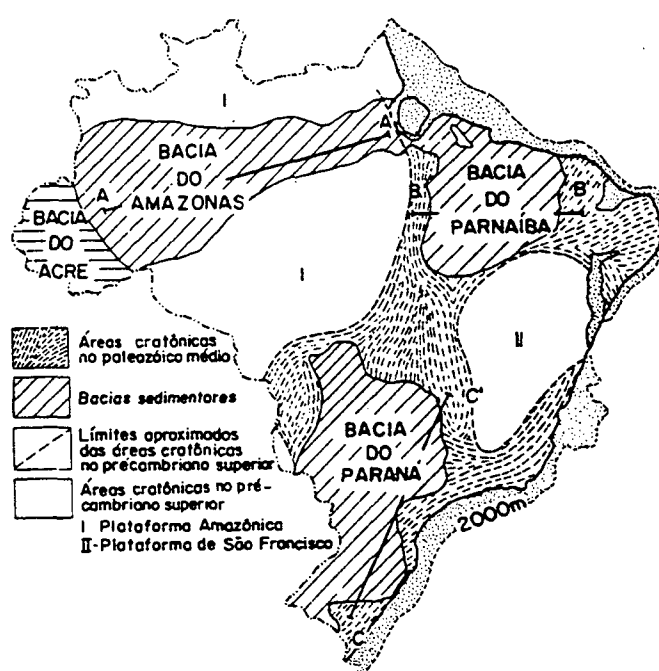


Figura 2: Localização da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Modificado de Petri e Fulfaro (1983).

Seus limites são os seguintes: ao norte é separada das bacias de São Luís e de Barreirinhas, pelo Arco Ferrer-Urbano Santos. A noroeste o limite é a Fossa do Marajó, sendo dela separada pelo Arco de Tocantins. Ao sul e sudeste estão as coberturas pré-cambrianas, e o Arco do Médio São Francisco a separa da Bacia do São Francisco e da Bacia dos Lençóis (Cunha, 1986) (Figura 3).

A sinéclise do Parnaíba é uma bacia de grande dimensão que abriga um pacote de mais de 3000 m de espessura de sedimentos. É uma bacia paleozóica, embora depósitos mesozóicos ocupem grandes áreas (Mesener e Wooldridge, 1964).

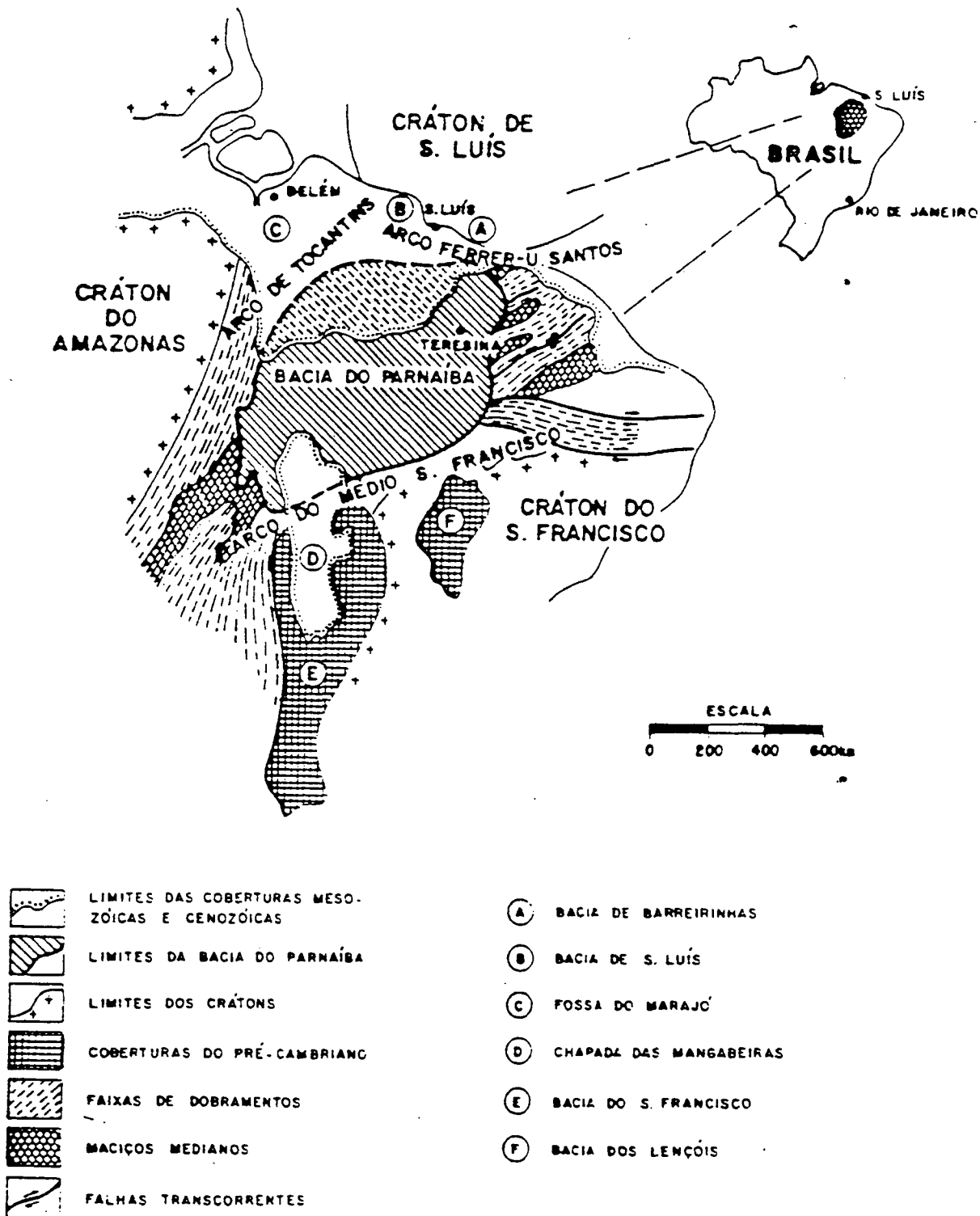


Figura 3: Limites da Bacia Sedimentar do Parnaíba. Fonte: Cunha (1986).



Sua forma é elipsoidal. Seu diâmetro mede cerca de 1000km, o diâmetro menor ortogonal ao maior mede cerca de 800km. A bacia é estruturalmente assimétrica a um eixo NE-SW que passa por Teresina. O mergulho das camadas na borda sul/sudeste é mais acentuado que o da borda noroeste. No centro da bacia, as camadas têm inclinações de apenas 7 a 10m/km, fazendo com que as feições estruturais de grande extensão da área, dobras, arcos e falhas passem despercebidas, sendo visíveis apenas em nivelamentos encontrados nos afloramentos (Cunha, 1986).

Os sedimentitos, predominantemente arenosos e com poucos fósseis da Bacia do Parnaíba, dificultam a caracterização das unidades litoestratigráficas. Com o avanço das pesquisas, várias colunas estratigráficas, passíveis de discussões, já foram propostas para a sua caracterização (Cunha, 1986). Neste trabalho será utilizada a mais recente coluna estratigráfica dessa bacia, proposta por Góes e Feijó em 1994 (Figura 4).

## 2.2 UNIDADES BASAIS DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

Na base da bacia sedimentar, que data do cambro-ordoviciano, estão as Formações Riachão e Mirador, e que segundo Góes e Feijó (1994) preenchem grabens.

**Formação Riachão:** Kegel (1956), citado por Baptista et al. (1984), identificou essa formação. Ela é composta por uma “espessa camada horizontal de arenito arcósico, castanho arroxado com camadas delgadas de folhelho da mesma cor”.

Não se conhecem afloramentos. Foi descoberta num poço de perfuração da Petrobrás, em Riachão (MA), encontrada logo abaixo da Formação Cabeças. A camada perfurada desta formação atingiu 1000 m de espessura, sem chegar a sua base.

**Formação Mirador:** Para Rodrigues (1967), citado por Cunha (1986), essa formação é composta de “arenito cinza claro, esverdeado e cinza esbranquiçado, com ocasionais intercalações, para o topo, de siltito extremamente micáceo; o arenito pode ser fino, médio ou grosso”. Essa formação não possui afloramentos. Foi encontrada num poço de perfuração da Petrobrás, em Mirador-Ma. A camada perfurada atingiu 120m de espessura, mas sem chegar a base. Sua distribuição está restrita às partes centrais da bacia.

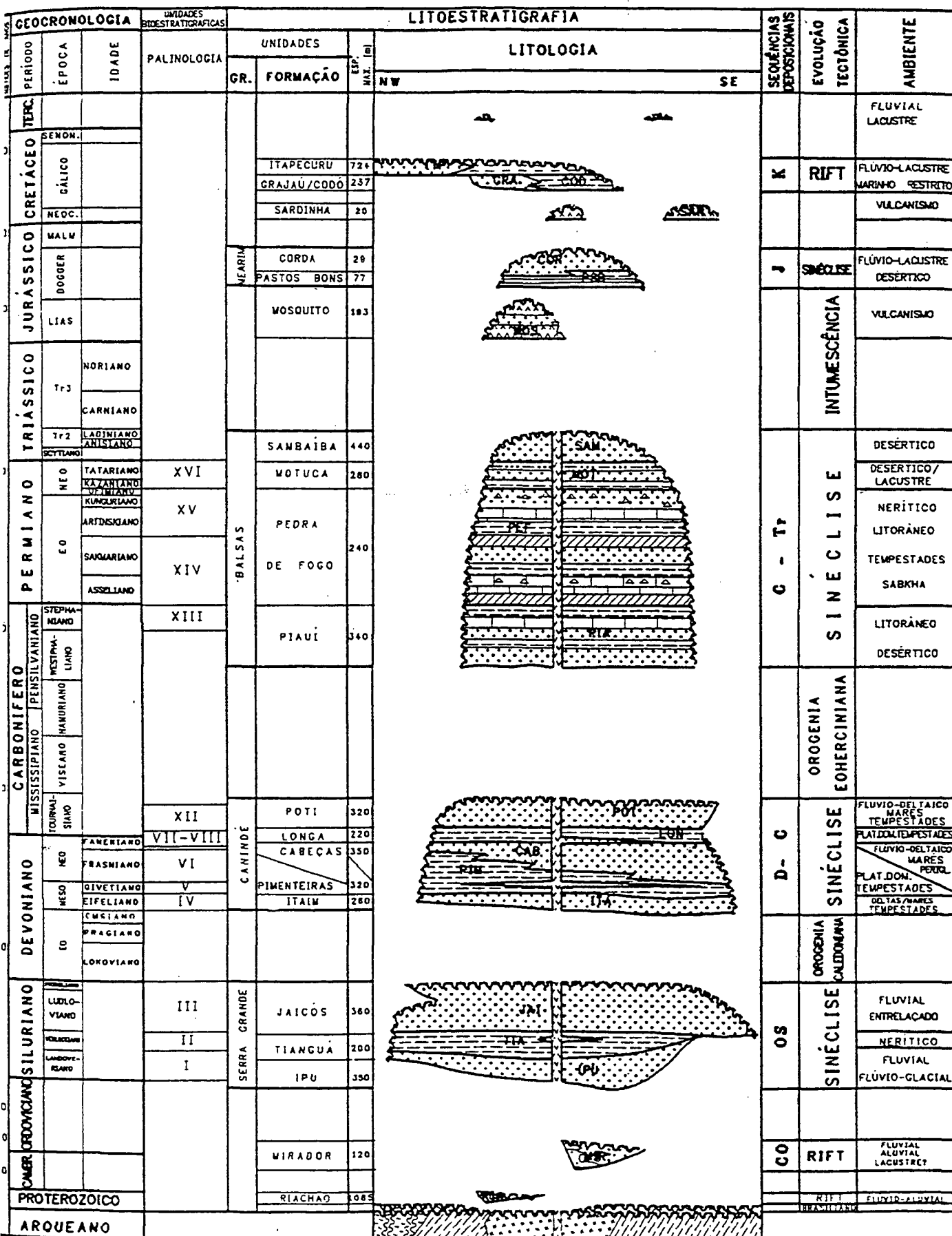


Figura 4: Carta estratigráfica das Formações Geológicas da Bacia do Parnaíba. Fonte: Góes e Feijó (1994)



## 2.3 GRUPO SERRA GRANDE

Small (1913, citado por Schobbenhaus et al., 1984), identificou a Série Serra Grande, composta por arenito, conglomerado e calcário encontrada na Serra Grande, na borda ocidental da bacia, no oeste do Ceará.

A Formação Serra Grande, de acordo com Schobbenhaus et al. (1984), é composta “na parte basal por conglomerado heterogêneo, silicificado e arenito conglomerático caulínico bem consolidado, de cor creme a esbranquiçada; a faixa de conglomerado contém seixos de quartzo, feldspato, ardósia, grauvaca e siltito; segue-se arenito creme e esbranquiçado, fino a médio; no topo da sequência os clásticos são finos, até atingir uma fácies pelítica”.

No entanto, Rodrigues (1967) e Carrozi et al. (1975), citados por Cunha (1986), promoveram a Grupo Serra Grande o conjunto das seguintes Formações: Mirador, Ipu, Tianguá e Itaim. Caputo e Lima (1984, citados por Cunha, 1986), estabeleceram o Grupo Serra Grande como sendo constituído pelas Formações Ipu, Tianguá e Jaicós.

**Formação Ipu:** Campbell (1948, citado por Baptista et al. 1984), identificou a camada Ipu, camada basal da Formação Serra Grande. Segundo Góes e Feijó (1994), é composta de “arenito médio a grosso, de origem fluvial, anastomosado, raramente ocorrendo siltito, folhelho e diacmitito, que indica influência periglacial”.

**Formação Tianguá:** Rodrigues (1967, citado por Baptista et al., 1984), dividiu a Formação Serra Grande em membros: Jaicós, Tianguá e Itaim, sendo esses membros elevados a formação por Carrozi et al. (1975, citados por Baptista et al., 1984).

Segundo Petri e Fúlfaro (1984), é constituída por “arenito fino quartzoso e feldspático e subgrauvaca a leste e a sul, passando para folhelho a norte e a oeste”. Segundo Rodrigues (1967, citado por Góes e Feijó, 1994), ela contém folhelho cinza, siltito e arenito muito micáceo.

**Formação Jaicós:** foi identificada por Plumer, Price e Gomes (1948, citados por Baptista et al., 1984). Segundo Petri e Fúlvoro (1984), é constituída por “arenito médio a fino quartzoso e feldspático, com seleção de boa a moderada e subgrauvaca quartzosa”.

O Grupo Serra Grande aflora nas bordas leste e nordeste da bacia, sob forma de escarpas abruptas, formando cuestras com os seus “fronts” voltados para fora da bacia.

## 2.4 GRUPO CANINDÉ

O Grupo Canindé é composto pelas Formações Pimenteiras, Cabeças e Longá, conforme Rodrigues (1967), Carrozi et al. (1975), citados por Cunha (1986). O grupo foi redefinido por Góes et al. (1992, citados por Góes e Feijó 1994), sendo agora composto pelas Formações: Itaim, Pimenteiras, Cabeças, Longá e Poti.

**Formação Itaim:** de acordo com Kegel (1953, citado por Góes e Feijó 1994), é constituída por “arenito fino esbranquiçado e folhelho cinza médio a escuro, depositado em ambiente deltaico e de plataforma, dominado por correntes de marés e tempestades”.

**Formação Pimenteiras:** é dividida em duas seções: “a superior apresentando alternância de arenito, siltito e folhelho, com a presença de inúmeros ciclotemas. Na seção inferior, arenito fino argiloso bem selecionado de cor cinza a creme, com intercalações de cores variegadas, levemente micáceas e físeis e siltito argiloso, bem selecionado de cor creme a cinza. As estruturas sedimentares nela encontradas são a estratificação plano-paralela, às vezes ondulada. Nas fácies de siltito e folhelho ocorre estrutura laminada tipo “flaser”; localmente ocorrem impressões vegetais no folhelho cinza e esbranquiçado; no siltito ocorrem marcas de onda. Afiora numa estreita faixa contínua que se entende de leste a sudeste, e continua a sudoeste, onde é mais espessa. Seu contato é concordante sobre os sedimentos da Formação Serra Grande, e seu contato com a Formação Cabeças é concordante e gradacional”(Schobbenhaus et al., 1984).

**Formação Cabeças:** Plumer, Price e Gomes (1948, citados por Baptista et al., 1984), identificaram essa formação. Já para Schobbenhaus et al. (1984), a identificação foi feita por Plummer (1946), designando a seqüência de arenitos aflorantes nos arredores da Vila Cabeças, em Picos no Piauí, subdividindo-a em três membros: Passagem, Oeiras e Ipiranga.

“Consiste em arenito grosso creme e esbranquiçado, mal selecionado, com grãos subangulares e brilhantes, passando a siltito cinza e arroxeadado, argiloso, com níveis intercalados de folhelho cinza, fissil, contendo localmente rastros e tubos de vermes. No topo dessa seqüência ocorre arenito fino, esbranquiçado e arroxeadado, com grãos subarredondados e brilhantes; subordinadamente ocorrem alguns níveis de siltito e folhelho cinza, às vezes piritoso. As características litológicas, sedimentares e paleontológicas do estrato Cabeças sugerem ambiente deposicional litorâneo com contribuições deltaicas nos níveis argilosos subordinados. Na seção média, onde predominam os clásticos finos com marcas ondulares e rastros de vermes, tem-se um ambiente marinho de águas rasas, sob influência de ondas com reduzida taxa de deposição. Estratificação cruzada planar e ondular são estruturas sedimentares mais



comuns nessa unidade. Ela aflora na borda leste da bacia numa faixa de 60km orientada de NE para SE; na borda oeste e sudoeste, uma faixa 20km tem direção NNW-SSE. O contato superior com a Formação Longá é com brusca mudança litológica, e o inferior com a Formação Pimenteira é concordante. As maiores espessuras encontram-se na região leste da bacia, atingindo valores da ordem de 300 m em Piripiri e Piracuruca”.

Esse é o substrato geológico do Parque Nacional de Sete Cidades, área de estudo desta pesquisa. O Parque fica no Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, a uma distância aproximada de 100km da cuesta da Serra da Ibiapaba que faz parte do primeiro alinhamento de cuesta do estado do Piauí (Figura 5).

**Formação Longá:** Albuquerque e Dequech (1946, citados por Baptista et al., 1984), foram os primeiros a identificar a Formação Longá.

Segundo Schobbenhaus et al. (1984), é uma seqüência de “folhelho cinza escuro, preto esverdeado até arroxeado, homogêneo ou bem laminado, localmente calcífero, micromicáceo e secundariamente aparece siltito argiloso. Subordinadamente na seção média ocorre arenito creme, esbranquiçado róseo bem selecionado. As estruturas sedimentares a ela associadas são a laminação paralela, estratificação cruzada e ondulada de baixa angulosidade. Na seção média apresenta sedimentos com marcas de onda; na seção superior, estruturas do tipo “flaser”. Aflora geralmente nas calhas de drenagem. O contato superior com a Formação Poti é concordante gradacional ou de brusca mudança litológica, e o contato inferior é de brusca mudança litológica com o arenito da Formação Cabeças”.

**Formação Poti:** Lisboa (1913, citado por Schobbenhaus et al., 1984), designou o folhelho carbonáceo que aflora no rio Poti como Formação Poti.

Sua porção inferior é composta de “arenito fino e médio, creme esbranquiçado; no sul e no sudeste da bacia é intercalado com siltito argiloso; mais ao sul ocorrem níveis conglomeráticos de seixos de quartzo. Na porção superior é constituído por uma alternância de siltito cinza a cinza escuro; arenito fino a médio esbranquiçado e amarelado com níveis subordinados de folhelho e siltito cinza escuro e preto. Encontra-se nessa formação estratificação cruzada de pequeno e grande porte, estratificação plano-paralela e aleitamento regular ondulado na porção inferior, e estruturas do tipo “flaser” na porção superior. Ela aflora no leste, sudeste, sul, sudoeste, e oeste da bacia. Seu contato inferior com a Formação Longá é concordante e gradacional; o contato superior com a Formação Piauí é marcado por discordância erosiva” (Schobbenhaus et al., 1984).

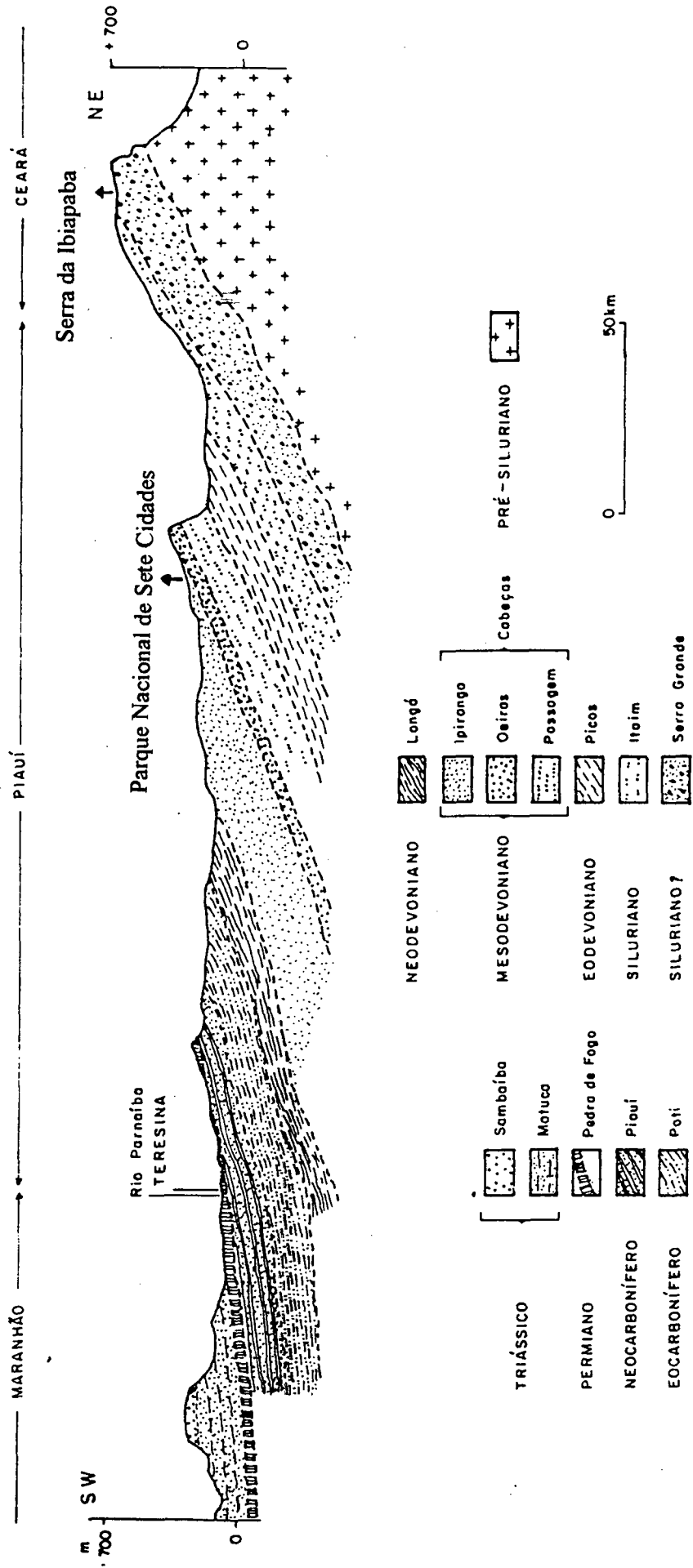


Figura 5: Perfil geológico e topográfico da Bacia Sedimentar do Parnaíba, modificado de Mendes (1971).  
Fonte: Lima (1987)



## 2.5 GRUPO BALSAS

Este termo foi proposto por Góes et al. (1989); (1992) citados por Góes e Feijó (1994), para reunir o complexo clástico evaporítico, sobreposto em discordância ao Grupo Canindé e sotoposto, também em discordância, à Formação Mosquito, no leste da bacia; às Formações Grajaú, Codó e Itapecuru no norte e noroeste; e à Formação Urucuia no sul da Bacia e ao Grupo Mearim na parte central. É composto pelas Formações Piauí, Pedra de Fogo, Mosquito e Sambaíba.

**Formação Piauí:** Small (1913, citado por Baptista et al., 1984), estabeleceu a Série Piauí, que seria toda a seqüência paleozóica da bacia. Duarte (1936), e Oliveira e Leonardos (1943), citados por Schobbenhaus et al. (1984), aplicaram o termo formação somente para as camadas carboníferas do Pensilvaniano. Dequech (sd, citado por Baptista et al., 1984), estabeleceu os limites estratigráficos atuais entre a Formação Poti e a Formação Pedra de Fogo.

Conforme observado em Schobbenhaus et al. (1984), é uma “seqüência arenosa com vários níveis de siltito e folhelho com intercalação de calcário; no topo há níveis de sílex. As estruturas sedimentares observadas são estratificação cruzada e cruzada acanalada, e lascas de seixos arredondados ou angulosos de argila. O contato com a Formação Poti pode ser concordante ou discordante; com a Formação Pedra de Fogo é discordante. Essa formação pode ser recoberta discordantemente pelas Formações Pastos Bons, Sambaíba, Areado e Urucuia”.

**Formação Pedra de Fogo:** essa formação foi identificada por Plumer, Price e Gomes (1948, citados por Baptista et al., 1984).

Para Petri e Fúlvaro (1983), a sedimentação dessa formação foi cíclica, sendo cada ciclo assim constituído: “arenito avermelhado, siltito, calcário oolítico ou concrecionário e folhelho esverdeado com lentes de calcário. Ocorrem também dolomita vermelha e anidrita”.

De acordo com Schobbenhaus et al. (1984), “as estruturas sedimentares encontradas no arenito, é a estratificação cruzada; no folhelho e no siltito ocorrem restos de conchas e minúsculas impressões de restos vegetais. Ela aflora na porção centro-leste e principalmente na faixa centro-sul da bacia. O contato com a Formação Piauí é concordante. O contato com a Formação Motuca é gradacional. Essa formação está recoberta em vários pontos da bacia pelas Formações Sambaíba e Pastos Bons”.

**Formação Motuca:** foi identificada por Plumer, Price e Gomes (1948, citados por Baptista et al., 1984), sendo constituída por “areia de granulação fina na base, de folhelho espesso no meio e arenito no topo”.

Segundo Schobbenhaus et al. (1984), é dividida em três seções. “A inferior é de arenito fino a médio, róseo e esbranquiçado; localmente essa seção é constituída por siltito e folhelho vermelho, micáceo e calcífero. Na seção média predominam siltito e folhelho esverdeado, às vezes marrom esverdeado. A seção superior é de arenito avermelhado, fino a médio, argiloso e localmente micáceo. Ela aflora no centro-sul da bacia. O contato inferior com a Formação Pedra de Fogo é gradativo; o superior, com a Formação Sambaíba, é concordante”.

**Formação Sambaíba:** foi identificada por Plumer (1948, citado por Baptista et al., 1984), como sendo o arenito Sambaíba, que aflora em forma de mesetas em Sambaíba, Ma. Foi elevada à formação por Mesener e Wooldridge (1964).

De acordo com Schobbenhaus et al. (1984), é composta por “arenito avermelhado róseo escuro e esbranquiçado fino a médio, em geral arenito pintalgado de caulim; na seção superior encontram-se níveis de sílex no topo; há também intercalações de níveis de basalto. Encontra-se estratificação cruzada de grande porte do tipo torrencial. Essa formação aflora no sudoeste, e no oeste, e sul da bacia. O contato inferior com a Formação Piauí e a Formação Pedra de Fogo é discordante; com a Formação Motuca é concordante; o contato superior com a Formação Urucuia é discordante; é discordante também com a Formação Corda, e o contato com os basaltos sobrepostos é truncado”.

**Formação Mosquito:** de idade jurássica, não pertence a nenhum grupo estabelecido por Góes e Feijó (1994). É composta por “derrames de basalto escuro afanítico com amígdalas com intercalações descontínuas e restritas de arenito róseo esbranquiçado,. Ela aflora no centro-oeste da bacia, no noroeste de Goiás e sul do Maranhão. Aparece em faixas descontínuas a W-E e SW-NE de Riachão e Fortaleza dos Nogueiras. O contato superior com a Formação Corda é discordante, e o contato inferior com a Formação Sambaíba é truncado” (Schobbenhaus et al. 1984).

## 2.6 GRUPO MEARIM

Lisboa (1914, citado por Baptista et al., 1984), designa a série Mearim, composta de arenito vermelho e de traps amigdaloidais. Esse termo foi utilizado por Aguiar (1969, citado por Baptista et al., 1984), para englobar as Formações Mosquito, Pastos Bons, Corda e Sardinha; posteriormente, Góes et al. (1992, citados por Góes e Feijó, 1994), consideraram o Grupo Mearim como sendo composto pelas Formações Pastos Bons e Corda.



**Formação Pastos Bons:** foi identificada por Lisboa (1914, citado por Baptista et al., 1984).

Segundo Schobbenhaus et al. (1984), “ela consiste em duas seções: a inferior, composta por conglomerado, arenito esverdeado creme e esbranquiçado, e a seção superior, mais arenosa, constituída por arenito róseo avermelhado, localmente esbranquiçado fino a siltico argiloso. Ocorrem intercalações de folhelho e siltito róseo a cinza esverdeado. Encontram-se estratificações cruzada e plano-paralela. Ela aflora em áreas extensas, principalmente no centro-oeste da bacia. Assenta-se discordantemente sobre as formações Poti, Pedra de Fogo e Motuca. Tal contato, em geral, é marcado pela presença de um conglomerado basal, ou localmente por discordância litológica brusca. O contato com a Formação Corda é concordante e gradacional”.

**Formação Corda:** foi identificada por Lisboa (1914, citado por Baptista et al., 1984), como sendo composta por arenito vermelho que está intercalado com basalto no Vale do Rio Mearim, no Maranhão.

De acordo com Schobbenhaus et al. (1984), “quando a Formação Corda ocorre em contato com a Formação Mosquito, a sua litologia é composta de arenito grosso a conglomerático, marrom avermelhado e arroxeadado, onde se observam blocos alterados de basalto, calcita, sílex, arenito, argilito e calcário de matriz arenosa. Quando não está em contato com a Formação Mosquito, a litologia é formada por arenito argiloso marrom avermelhado e arroxeadado, fino a médio, ocasionalmente grosso. Aflora em faixa relativamente contínua, ao longo de todo o centro da bacia. Recobre discordantemente as Formações Mosquito, Sambaíba, Poti, Piauí e Pedra de Fogo. Seu contato com a Formação Pastos Bons é concordante e gradacional”.

As próximas formações não foram reunidas em um grupo por Góes e Feijó (1994).

**Formação Sardinha:** foi identificada por Aguiar (1969, citado por Baptista et al., 1984), como sendo o basalto que aflora próximo à aldeia Sardinha, em Barra do Corda, MA.

É composta de basalto de cor preta e textura amigdaloidal, segundo Aguiar (1969, citado por Baptista et al., 1984). Já para Lima e Leite (1978, citados por Schobbenhaus et al., 1984), é material argiloso, vermelho escuro e arroxeadado, em avançado estado de decomposição. Estes autores a posicionam estratigraficamente abaixo da Formação Grajaú. Ela aflora no sudoeste de Barra do Corda, entre as aldeias Sardinha e Barra do Peixe; ocorre também a nordeste de Barra do Corda.

**Formação Grajaú:** Carneiro (1974, citado por Schobbenhaus et al., 1984), considera que as Formações Codó e Grajaú são interdigitadas e equivalem-se estratigraficamente; admite

que é concordante o contato superior com a Formação Itapecuru, e o inferior, com a Formação Corda.

Conforme assinalado em Baptista et al. (1984), a Formação Grajaú foi identificada por Lisboa (1914). Para Schobbenhaus et al. (1984), “é composta essencialmente de arenito esbranquiçado a creme, fino a conglomerático; localmente pode ocorrer intercalações de camadas de até 2m de argilito vermelho, arroxeadado, marrom e creme. Ela aflora no centro leste da bacia, e parte do centro norte da bacia. Recobre discordantemente as Formações Sambaíba, Mosquito e Corda”.

**Formação Codó:** Campbell, Almeida e Silva (1948, citados por Baptista et al., 1984), identificaram essa formação. Conforme Schobbenhaus et al. (1984), cabe a Lisboa (1935) a autoria da primeira descrição do folhelho betuminoso associado a calcário, no Vale do Rio Itapecuru em Codó, Maranhão. Lima e Leite (1978, citados por Schobbenhaus et al., 1984), descrevem assim a formação: “seção inferior: conglomerado basal sobreposto por folhelho cinza-esverdeado a preto; ocorrem níveis de calcário e por fim uma camada de gipsita de 11m. Seção média: conglomerado polimicto, passando para folhelho com ostracodes; no topo ocorre marga piritosa. Seção superior: arenito e siltito cinzentos, com restos de vegetais calcíferos e piritosos. Ela aflora normalmente nos vales dos principais cursos fluviais do centro da bacia”.

**Formação Itapecuru:** de acordo com Baptista et al. (1984), essa formação foi identificada por Campbell (1950). Segundo Petri e Fúlfaro (1983), é composta por “arenito cinza esbranquiçado esverdeado ou vermelho castanho, com intercalação de folhelho cinza esverdeado ou castanho. Apresenta extensas e contínuas áreas de exposição, principalmente no centro-oeste, norte e centro-leste. O contato inferior com as Formações Corda e Grajaú é concordante; quando se sobrepõe a formações mais antigas, o contato é discordante” (Schobbenhaus et al., 1984).

**Formação Urucua:** Petri e Fúlfaro (1983) filiam essa formação à Bacia Sanfranciscana, sendo composta por “arenito variegado, fino a médio, com cimento argiloso; subordinadamente aparecem leitos descontínuos de folhelho e conglomerado. Na Bacia do Parnaíba assenta-se em discordância paralela sobre a Formação Codó. Para Góes e Feijó (1994), ela sobrepõe-se à Formação Areado em concordância e é constituída por arenito fino a médio, esbranquiçado a róseo, com raras intercalações de sílex”.

**Formação Areado:** é composta, segundo Lima e Leite (1978, citados por Góes e Feijó, 1994), por “siltito e folhelho marrom-avermelhado, arenito róseo e avermelhado e lentes de conglomerado”. Em Petri e Fúlfaro (1983), são sedimentos cretáceos pertencentes à Bacia Sanfranciscana, composta por “arenito de cores variegadas, podendo ser fino, muito fino,



raramente grosso e conglomerático. Aparecem siltito e folhelho subordinados e, nos termos basais, aparecem esparsamente conglomerado e arenito conglomerático”

## 2.7 EVOLUÇÃO TECTONO-SEDIMENTAR DA BACIA

A apresentação do desenvolvimento tectono-sedimentar até o Paleozóico, ou seja, até a deposição dos sedimentos da Formação Motuca, será baseado em Cunha (1986).

A subsidência da bacia teve início no Siluriano inferior com a deposição de sedimentos de origem continental do Grupo Serra Grande.

Inicialmente, os clásticos grossos que compõem as Formações Ipu e Jaicós foram transportados e depositados em ambientes continentais por rios de padrão anastomosado. Essas formações são essencialmente arenosas e estão interdigitadas por folhelho e siltito, ambos de origem marinha, da Formação Tianguá.

Após a deposição dos sedimentos da Formação Jaicós, a área da bacia foi soerguida e esse soerguimento é o motivo da forma discordante de deposição entre os sedimentos do Grupo Serra Grande e do Grupo Canindé.

No Devoniano, a sedimentação da área que estava sendo submetida a subsidência concentrava-se na metade ocidental da bacia e sua orientação era em um eixo deposicional leste/oeste; a bacia continua em processo de subsidência, e águas oceânicas durante o ciclo transgressivo penetram na bacia através da ligação com o oceano estabelecida a nordeste e sudoeste.

O preenchimento da bacia pelos clásticos do grupo Canindé desenvolveu-se numa alternância de regressões e transgressões, em clima temperado e úmido. Nas maiores transgressões houve o desenvolvimento de ambientes marinhos pouco profundos onde foi depositado o folhelho e o siltito das Formações Pimenteiras e Longá. Nos ciclos transgressivos foram depositados os clásticos arenosos das Formações Itaim e Cabeças; esta última foi depositada em ambiente de plataforma rasa sob domínio de maré e recebeu contribuição de sedimentos de origem glacial.

Na passagem do Devoniano para o Mississipiano, a bacia novamente começou a sofrer processo de soerguimento, e as águas marinhas saem do seu interior. Em continuação à deposição dos sedimentos da Formação Longá, ocorre a sedimentação dos clásticos da Formação Poti; no princípio dessa deposição o ambiente é marinho pouco profundo; mas, na proporção em que as águas foram sendo evacuadas, os sedimentos foram sendo depositados

sucessivamente em plataformas rasas dominadas por maré em ambiente litorâneo e finalmente em deltas.

No término do Mississipiano, o levantamento epirogenético atinge o seu máximo, ao mesmo tempo que há significativa mudança climática passando de clima temperado e úmido para clima quente e árido. A bacia foi totalmente exposta e erodida, originando dessa maneira uma ampla superfície de discordância.

No Eo-Pensilvaniano a bacia sofreu subsidência. Os sedimentos das Formações Piauí, Pedra de Fogo e Motuca foram depositados em ambientes continentais sob acentuadas condições de aridez. Há evaporitos nas seções Pensilvaniana e Permiana, que são indicadores da formação temporária de mares com circulação restrita.

A evolução da bacia no Paleozóico encerra-se com a deposição dos sedimentos da Formação Motuca.

Em continuidade ao processo de sedimentação da bacia, os clásticos da Formação Sambaíba foram depositados em clima desértico. Quando ocorre a separação dos continentes sul-americano do africano, ocorre o magmatismo em forma de derrames de basalto e intrusões de diabásio (Caldasso, 1978).

No ciclo de deposição que vai do Jurássico ao Cretáceo verifica-se o encerramento dos derrames de basalto, ocorrendo a deposição dos sedimentos conglomeráticos da Formação Corda em clima semi-árido (Caldasso, 1978).

Um soerguimento do continente e a retomada de erosão formam os clásticos para a deposição flúvio-costeira, possivelmente deltaica, da Formação Grajaú; a deposição da Formação Codó ocorre em ambiente marinho lagunar. No interior do continente os clásticos da Formação Areado foram depositados em clima semi-árido; a formação de uma planície de inundação próxima ao litoral propicia a deposição dos clásticos da Formação Itapecuru, e no interior do continente são depositados os sedimentos flúvio-eólicos da Formação Urucua (Caldasso, 1978).

Resumindo, segundo Cunha (1986), existem cinco grandes ciclos de deposição na Bacia do Parnaíba, depois das Formações Riachão e Mirador escritos a seguir.

Ciclo Siluriano: início da formação da bacia com a deposição de clásticos por sistemas fluviais anastomosados em ambientes continentais com ocorrência de grandes transgressões marinhas procedente do nordeste. Na época, a condição climática dominante é a fria.

Ciclo Devoniano-Mississipiano: domínio talassocrático, sedimentação constituída por alternância de transgressões e regressões marinhas sob condições climáticas temperadas e presença de geleiras na metade do Período Devoniano.

Ciclo Pensilvaniano-Triássico: deposição em ambiente continental sob condições climáticas quentes de severa aridez, com ocasionais incisões marinhas.

Ciclo Jurotriássico-Eocretáceo: manifestações vulcânicas com derrames e intrusões de diques e soleiras de diabásio, sedimentação incipiente sob condição de aridez em ambientes continentais.

Ciclo Cretáceo: deposição em ambientes marinhos restrito, lagunar e litorâneo.

## 2.8 GEOMORFOLOGIA DA BACIA SEDIMENTAR DO PARNAÍBA

### 2.8.1 Aspectos gerais

Para Leinz e Leonardos (1977), bacia sedimentar é “ área de sedimentos mais ou menos extensa em que os estratos mergulham em geral da periferia para o centro, freqüentemente em forma de ‘bacia’ e preenchida por sedimentos concordantes ou quase concordantes”. É uma área da crosta terrestre que, após ser deprimida e recoberta pelo mar recebeu uma espessura significativa de sedimentos que se consolidaram.

A deposição dos sedimentos de uma bacia sedimentar obedece a uma inclinação da periferia para o centro, e as formas de relevo estão relacionadas à posição das camadas depositadas. A deposição das camadas pode ser em estrutura concordante horizontal, em estrutura concordante inclinada monoclinal ou homoclinal e em estrutura discordante (Penteado, 1984).

A estrutura concordante horizontal é característica do centro da bacia. Nessa estrutura as camadas são horizontais e se alternam entre tenras e duras, ou podem ser homogeneamente tenras ou homogeneamente duras. A evolução do relevo obedece à disposição horizontal das camadas; sua resistência diferencial varia: se são camadas duras, a resistência a erosão é maior; se são tenras, são mais susceptíveis ao trabalho erosivo, (Derruau, 1996).

Quando as camadas são alternadas o modelamento de suas formas obedece às linhas de fraqueza da rocha: quanto mais dura é a rocha, mais lento é o trabalho dos rios que escavam vales em V e separam por gargantas, as plataformas estruturais; o trabalho da erosão continua até chegar as camadas tenras, onde os vales se alargam e proporcionalmente as escarpas recuam, há solapamento da base da camada dura e as cornijas desmoronam. É uma paisagem



de simetria de cornijas e vertentes, cujas formas de relevo resultante são: as plataformas estruturais, as mesas, os morros testemunhos e os vales em manjedoura (Penteado, 1984).

Se a rocha for homogênea não haverá evidências de relevo estrutural; devido à erosão diferencial, observa-se relevo de colinas onde as formas têm relação com os processos que as modelaram e a disposição das colinas reflete o fraturamento de seu embasamento (Viers, 1967).

Se há uma camada dura e espessa (arenito ou calcário) sobreposta a uma camada de rocha mais tenra (argila ou areia), há uma cornija ou uma vertente muito íngreme formando uma borda de planalto. Se o planalto é muito dissecado, o relevo é em forma de serras (Viers, 1967).

Em áreas de estrutura concordante inclinada monoclinal ou homoclinal as camadas sobrepostas umas às outras estão levemente inclinadas em uma só direção. A inclinação é geralmente causada por tectônica e sua localização na bacia sedimentar poderá circundar a parte central e plana da bacia. O relevo a ela associado é o relevo de cuesta (Derruau, 1996; Penteado, 1984).

A cuesta compreende um "front" composto de dois elementos. A cornija superior corresponde a uma camada dura com forte declividade, dominando as camadas tenras inferiores que afloram em um tálus côncavo. Apresenta-se em franjas contínuas interrompidas por "percées" escavadas por rios cataclinais (Derruau, 1996; Penteado, 1984).

No sopé do "front" está a depressão ortoclinal, de fraca declividade, composta por rochas de resistência desigual. (Viers, 1967; Penteado, 1984).

Em frente ao "front" se encontram os morros testemunhos, constituídos pela camada resistente responsável pela cuesta, testemunho da antiga extensão dessa camada; se não há a camada dura, que já foi levada pela erosão, o morro testemunho é chamado de *avant-butte* (Penteado, 1984).

No reverso da cuesta, o topo do planalto inclinado suavemente em sentido oposto do "front" é dissecado por vales cataclinais que descem conforme a declividade das camadas (Penteado, 1984).

A drenagem no relevo de cuesta é organizada em função da estrutura. Os tipos de rios presentes são: os cataclinais, que correm seguindo a inclinação das camadas, escavam as percées em camadas resistentes; ortoclinais, paralelos à direção das camadas e perpendiculares ao mergulho, escavam as camadas tenras dando ressaltos às duras, desenvolvem as depressões ortoclinais; anaclinais correm no sentido inverso ao mergulho das camadas, retalham o "front" da cuesta e os cataclinais de reverso (Penteado, 1984).

As cuestras podem ser diferenciadas: quanto ao papel da dureza da camada; quanto à espessura relativa; quanto ao grau de declividade; quanto aos sistemas de erosão; e quanto ao estado de evolução (Derruau, 1996).

A estrutura discordante ocorre quando há truncamento de camadas de formações geológicas diferentes. Tal fato está associado a causas tectônicas e gera relevos em “hog backs”, relevo dissimétrico de cornija e reverso mais curto e mais inclinado que as cuestras. “Hog backs”, ocorrem comumente em periferias de domos ou de estruturas de dobras e cristas isoclinais, que se desenvolvem em estruturas de camadas quase verticais, com simetrias de flancos (Penteado, 1984).

## 2.9 RELEVO PIAUIENSE

O Piauí e o Maranhão formam o chamado Meio Norte do País, área de transição entre o domínio morfoclimático nordestino e o da Amazônia úmida ocidental. Encontram-se áreas com características da Amazônia a noroeste do Rio Mearim (MA); a sudeste do Piauí surge o cristalino semi-árido, e a sudoeste estão características morfológicas do Brasil Central (Moreira 1977).

O relevo da bacia sedimentar do Parnaíba em sua totalidade apresenta linhas suaves. No Piauí, predominam formas subtabulares, as chamadas cuestras; no Maranhão predominam os planos horizontais das chapadas, tabuleiros e colinas (Moreira, 1977).

Ab'Saber (sd, citado por Moreira, 1977), considera a morfologia do Piauí como sistema de cuestras concêntricas de “front” externo, esculpidas em sedimentos da bacia intracratônica soerguida. A área periférica apresenta vertentes muito íngremes, as serras, e um reverso de fraco declive caindo para o Rio Parnaíba. Existem duas linhas de cuestra.

A primeira divide-se em semicírculos, com disposição semelhante à do limite do Piauí com o Ceará, Pernambuco e Bahia, bastante festonada ao longo do setor oriental, dividida em dois conjuntos pelo boqueirão do Rio Poti.

A segunda linha de cuestra, uma linha de escarpa menor que vai do Rio Longá até o Rio Gurguéia, difere da primeira por ser bastante compartimentada em blocos de tamanho reduzido pelos rios cataclinais.

As cuestras do primeiro grupo são formadas pelos conglomerados e arenitos das Formações Serra Grande e Pimenteiras. O destaque é a cuestra da Serra da Ibiapaba ou Serra

Grande, com altitude de 950m, e alinhamento característico de uma escarpa de circundesnudação.

De acordo com Almeida (1951, citado por Moreira, 1977), a inclinação dos estratos geológicos da Formação Serra Grande é voltada para o interior. Segundo Campbel, Almeida e Silva (1949, citados por Moreira, 1977), a escarpa oriental é um falhamento responsável pela orientação dessas camadas para oeste.

A seqüência de serras do norte para o sul do estado é a seguinte: Serra da Ibiapaba, com 950m de altitude no limite com o Ceará; Serra do Bom Jesus do Gurguéia, com 650m; Serra da Tabatinga, com 700m, finalizando na Serra das Mangabeiras onde atinge a cota de 800m, dividindo Piauí, Maranhão, Bahia e Tocantins. A diferença de níveis pode estar ligada à atuação de forças tectônicas quando ocorreu o preenchimento da bacia, pois se verifica de norte para sul e de leste para o oeste, ou seja, para o interior da bacia.

Na Serra da Ibiapaba sua extremidade norte é bem escarpada, tornando-se mais suave em direção do sul; sua parte ocidental é menos íngreme que a frente leste, em alguns lugares subindo sem escarpas. Em Picos e Pimenteiras, ao sul, a margem não é tão regular.

As camadas da Serra do Bom Jesus do Gurguéia mergulham para noroeste, tendo no seu sopé a Depressão Periférica do São Francisco, que pertence ao outro domínio geológico nordestino, o embasamento cristalino.

O reverso da Serra da Tabatinga e da Chapada das Mangabeiras vai suavizando-se cada vez mais, assumindo feições horizontais, passando a constituir superfícies tabulares semelhantes aos grandes chapadões do Brasil Central.

As chapadas ou serras foram dissecadas e retalhadas intensamente pelo trabalho dos afluentes e formadores do Rio Parnaíba.

A segunda linha de cuesta está a uns 100km a oeste do "front" da Serra da Ibiapaba. Em direção do sul, afasta-se gradativamente até que em Picos inflete para sudoeste e se distancia bastante do primeiro alinhamento.

Resultantes da erosão dos Rios Longá, Poti, Canindé e Gurguéia há outras cuestras mais a oeste cuja altitude oscila entre 500 e 600m, esculpidas nos arenitos menos espessos das Formações Longá e Cabeças. Essas cuestras têm a aparência de escarpa de falha orientada para norte e modificada pela erosão.

Na Formação Longá, onde ocorre sills de diabásio, há os degraus estruturais relacionados a eles, apresentado um desnivelamento de 200m. Em direção ao eixo do Rio Parnaíba, as cuestras perdem gradativamente a predominância, surgindo os baixos chapadões mais interiores.



Apesar do predomínio das formas monoclinais no Piauí, outras formas estão presentes, associadas a um clima semelhante ao Nordeste oriental.

Encontram-se superfícies onde são comuns lençóis de seixos em torno dos inselbergs. Essas paisagens estão presentes entre o Vale do Rio Parnaíba e o reverso das cuestras interiores. No sopé do “front” do primeiro alinhamento de cuesta está uma área pedimentária, a depressão periférica desenvolvida em rochas metamórficas e granitóides pré-cambrianos.

Moreira (1977) também destaca as formas de detalhe do relevo piauiense: o relevo ruiforme das bordas das chapadas e cuestras nos arenitos devonianos da Formação Cabeças, como na Serra do Batista em Oeiras.

A melhor caracterização dos compartimentos regionais do relevo e dos tipos de modelado do Estado do Piauí é a proposta por Lima (1987) que ali identificou: Depressões Periféricas, Chapadões do Alto-Médio Parnaíba, Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, Baixo Planalto do Médio-Baixo Parnaíba, Tabuleiros Pré-litorâneos e Planície Costeira (Figura 6).

#### Depressão Periférica (1 da figura 6)

Seus limites são: ao norte a porção sul da Serra da Ibiapaba; ao leste a Chapada do Araripe; ao oeste com os chapadões do médio-baixo Parnaíba e ao sul com a Serra da Tabatinga. Compreende o sul e sudeste do Piauí.

Sua unidade estrutural é o embasamento cristalino do núcleo nordestino do escudo brasileiro. Os lineamentos registrados nessa área atestam perturbações tectônicas que provocaram dobramentos e falhas pré-silurianas. É uma área deprimida, com o nível de base local de 300m de altitude delimitada por escarpas de até 600m de altitude.

A drenagem é intermitente, influência da baixa pluviosidade distribuída irregularmente e a impermeabilidade da estrutura geológica. No entanto, os vales dos rios são bem encaixados, denotando um passado de condições morfoclimáticas diferente das atuais. Essa fase úmida deixou testemunhos, como linhas de pedras, cascalheiras, lateritas e silcrete.

As formas de relevo encontradas nesse compartimento são os inselbergs, pedimentos no contato do rebordo da bacia sedimentar com a depressão periférica e vales encaixados (Pellerin, 1984). Os rios dessa área são os afluentes e formadores do alto Parnaíba e Canindé e a porção leste do alto Gurguêia.

### Chapadões do Alto-Médio Parnaíba (2 da figura 6)

Esse compartimento é formado por extensos planaltos no sul do estado. Inicia-se no contato com a depressão periférica cristalina. São os planaltos, as “serras” do Piauí: Bom Jesus do Gurguéia, Semitumba, Vermelha, Uruçuí, Grande e Penitente que formam o limite com o sudoeste do Maranhão e pequena porção da Bahia. São superfícies tabulares de estrutura horizontal, apresentando altitudes que decrescem de sul para norte.

Nos altos interflúvios dos Rios Parnaíba, Gurguéia, Itaim e Piauí estão os arenitos da Formação Sambaíba. Na bacia do Rio Canindé, os interflúvios correspondem às Formações Longá e Cabeças, e na base dos vales aflora a Formação Piauí.

Na zona de contato com o cristalino há grandes falhas que atravessam o Estado: a falha de Curimatá e a falha de Barreiras, ao sul, e a falha do Canindé, ao norte.

Superfície de cimeira de planaltos conservados decrescem em patamares na direção sul/norte; morros testemunhos; vales pedimentares de fundos chatos são as feições geomorfológicas existentes. Os vales largos resultam do recuo da encosta por pedimentação e são pontilhados por morros testemunhos.

Os principais Rios são: Parnaíba, e seus afluentes da margem direita: Gurguéia e Canindé.

### Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba ( 3 da figura 6)

Esse compartimento localiza-se no contato leste com o Estado do Ceará. É área de estrutura monoclinial de cuesta, cujo mergulho de camadas é de 5° no direção leste/oeste, onde está o Parque Nacional de Sete Cidades.

Esta área contém o primeiro alinhamento de cuestas citado por Moreira (1977), que é formado pela grande linha de cuesta denominada Serra da Ibiapaba, cujo “front” está voltado para as depressões sertanejas no Ceará, e o reverso para o Piauí. Ao norte é mais uniforme; ao sul, a partir do canyon do Rio Poti, é conhecida como Serra Grande, com altitudes mais modestas e escarpas bastante festonadas.

A litologia é formada pelas Formações Serra Grande, Pimenteiras e Cabeças e apresenta capeamento da Formações Piauí e Itapecuru. Essa área é testemunho dos grandes falhamentos regionais que atingem o Piauí, que deslocaram a drenagem ortogonal NE/SW e

NW/SE. São comuns fraturas silicificadas na Formação Cabeças. O controle estrutural reflete o soerguimento em conjunto; a estrutura local, intensamente falhada e fraturada, determina as feições atuais.

As formas de relevo desse compartimento estão representadas pelos reversos da cuesta conservados em estrutura monoclinial e vales encaixados. Outra feição bem comum é a ruiforme nos municípios de Castelo, São Miguel do Tapuio, Piripiri e Piracuruca, sendo o Parque Nacional de Sete Cidades expressivo agrupamento dessas feições.

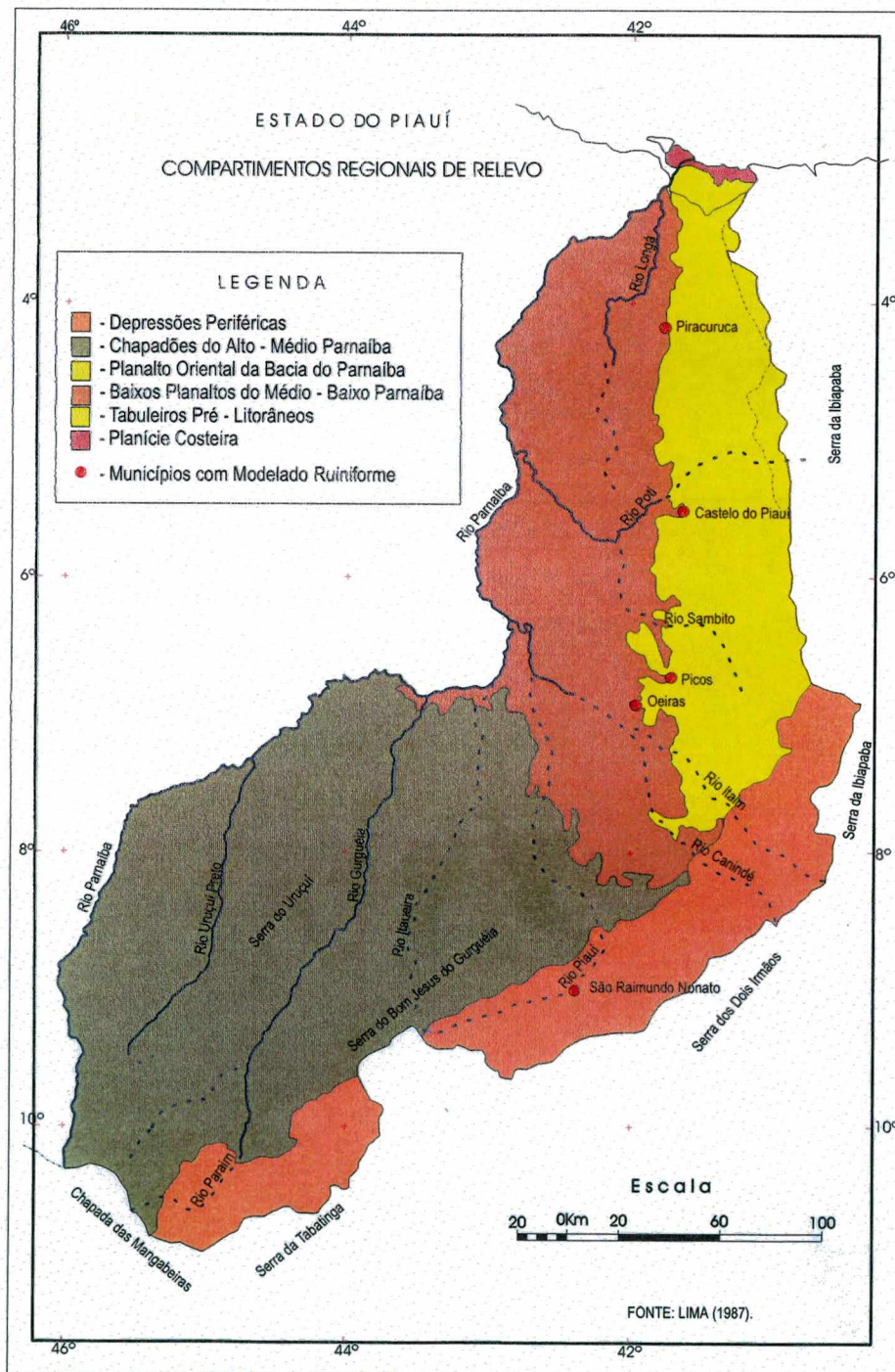


Figura 6:  
Compartimentos  
Regionais do Relevo  
do Estado do Piauí.  
Fonte: adaptado de  
Lima (1987).



#### Baixos Planaltos do Médio-Baixo Parnaíba (4 da figura 6)

Iniciam-se com o arco norte dos sedimentos das Formações Serra Grande e Pimenteiras, no norte do Estado; o extremo noroeste é a planície fluvial do Parnaíba a partir da Lagoa do Cajueiro em Joaquim Pires; a oeste limita-se com o Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba; ao sul com os Chapadões do Alto-Médio Parnaíba.

As litologias são aquelas das Formações: Longá, Piauí, Pedra de Fogo, Itapecuru e manchas da Formação Barreiras; encontra-se também sills e diques de basalto no sul do compartimento, nos municípios de Água Branca e São Pedro.

Esse compartimento apresenta reflexos do mergulho geral das camadas subhorizontais da cuesta da Ibiapaba. A dissecação em interflúvios tabulares isola as mesas em pequenos planaltos tabulares, que ora se adensam, formando os grupamentos de mesas, ora se esparsam, formando vales fluviais, além dos vales que apresentam depósitos aluviais.

Esse compartimento faz parte do segundo alinhamento de cuestas identificado por Moreira (1977), de menor altitude, que corresponde aos degraus estruturais relacionados aos sills de diabásio ou basalto presentes na formação Longá.

Na direção do interior as cuestas menores estão dissecadas em mesas e morrotes.

As formas de relevo locais são: agrupamentos de mesas, planaltos rebaixados, morros testemunhos do tipo mesas e morrotes, áreas deprimidas de acumulação inundáveis e as planícies flúvio-lacustre dos Rios Parnaíba e Longá.

#### Tabuleiros Pré-Litorâneos (5 da figura 6)

Seus limites são: planície costeira ao norte; Rio Parnaíba a oeste; bacia sedimentar ao sul e afloramentos cristalinos a oeste. É área tabuliforme de cotas máximas de 60 m.

A litologia é composta pela Formação Barreiras, com arenitos brancos e róseos avermelhados, granulação variada, leitos de argila e lentes de caulim e calcário (D.N.P.M, 1973). Recobre uma faixa 50-30 km de largura entre a bacia sedimentar e o litoral, como um glacis de acumulação, designado como tabuleiro. Nessa área estão os interflúvios rebaixados dos principais rios, inclusive do Parnaíba.

Verifica-se uma mancha da Formação Barreiras no interior da bacia sedimentar do Parnaíba, entre os municípios de Matias Olimpo, Barras, Miguel Alves. Essa mancha corresponde ao alongamento sul da Formação Barreiras no Estado do Maranhão. Nessa área

está um planalto rebaixado de estrutura horizontal, limitando os lagos fluviais formados pelo Rio Parnaíba no seu baixo curso.

#### Planície Costeira (6 da figura 6)

É a faixa litorânea do Estado, localizada entre a baía das Canárias a oeste, e a Barra do Timonha a leste. É onde se situam parte do delta do Rio Parnaíba, as dunas móveis e a planície flúvio-marinha.

O Delta do Rio Parnaíba inicia sua bifurcação nos braços dos riachos de Igarçu e Santa Rosa, a partir de onde surgem vários braços e igarapés, intercalados por várias ilhas baixas e arenosas. Pela sua área de 20 km<sup>2</sup> destaca-se a Ilha Grande de Santa Isabel. Do baixo curso até a foz dos pequenos rios aparecem a planície flúvio-marinha.

Entre o Delta do Parnaíba e a Ponta do Anel estão dunas móveis e restingas, e a partir desse ponto até o Ceará estão presentes zonas alagadiças, onde se encontram rias e mangues. Na praia do Coqueiro destaca-se o recife arenítico de Itaqui, e na Praia Pedra do Sal, afloramentos de granito.

A linha de costa é retilínea, quebrada por algumas baías: as pontas da Pedra do Sal, de Atalaia, do Anel e da Timonha resultantes de correntes fluviais norte/sul, e eólica leste/oeste.



### 3. APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 BREVE RESGATE HISTÓRICO

“Cidades Petrificadas e Inscrições Lapidares do Brasil” é o tema de uma comunicação do Conselheiro Tristão de Alencar Araripe proferida no Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro em 1886. Trata-se de artigo de um jornal cearense que fala de certo lugar no Piauí, com sete praças ou sete cidades. Essa é a primeira referência histórica sobre o atual Parque Nacional de Sete Cidades.

Segundo Bastos (1994), nessa seção o Conselheiro Araripe sugere ao Instituto que solicite ao presidente da província do Piauí informações a respeito do local. A resposta viria em 1887, por ofício do município de Piracuruca ao Presidente da Província do Piauí, informando que:

“em distância de quatro léguas ao sul desta vila, e entre as fazendas e sítios Bonsucesso, Bananeiras, Bom Gosto e Gameleira, existe, numa área de quatro léguas quadradas, uma extensa aglomeração de rochedos alcantilados de diversas cores e tamanhos medindo alguns mais de 50 m de altura, dispostos profusamente, fingindo torres, fachadas de edifícios, muralhas, fortalezas etc., cuja variedade oferece à contemplação do visitante um quadro pitoresco e da mais linda perspectiva. Compridas pedras ocas, postas sobre rochedos da entrada, fingem peças de artilharia, mas estas já estão quase todas quebradas, umas pela mão do homem. É inegável que tudo aquilo constitui um verdadeiro arremedo de construção, mas é pura obra da natureza, e pedras brutas, onde a arte ou a ciência humana nenhuma parte tem...”

As “Sete Cidades Encantadas de Pedra”, como são conhecidas por todo o Piauí despertaram fantasiosas teorias que tentam explicar como foi possível moldar aquelas rochas em formas tão espetaculares.

Entre as diversas explicações, uma se apóia no fato de o Nordeste brasileiro ser pontilhado de sítios arqueológicos de pinturas e gravuras rupestres em paredões e abrigos rochosos. Em fins do século XIX começaram a surgir as primeiras tentativas de explicar a autoria dessas pinturas e gravuras.

Surge o que Martin (1996) chama de mito fenício: alguns conhecedores dos feitos daquele povo da antiguidade clássica passaram a acreditar que tal império talassocrático teria atingido o que hoje é o Brasil, deixando suas marcas nas pinturas rupestres da Paraíba, especialmente na Pedra do Ingá, importante registro de gravuras rupestres do país.

Um dos mais entusiastas a respeito da vinda dos fenícios ao Brasil foi Ludwig Schwennhagen, austríaco que percorreu o sertão nordestino no começo do século XX. Ao conhecer a área onde, impressionado com os monumentos rochosos e as pinturas rupestres,



convenceu-se de que ali estavam as ruínas de sete cidades fabulosas do império colonial fenício de além-mar, chegando a reconhecer, nas pinturas rupestres, algumas letras do alfabeto fenício (Martin, 1996; Bastos, 1994; IBDF, 1969).

O nome *Sete Cidades* evoca um mito da Península Ibérica. No século VII um bispo católico saiu de Lisboa em direção ao oeste, chegando a uma ilha desconhecida, onde fundou Sete Cidades. Um mapa de 1508 localiza-a na América Setentrional. Já segundo um mapa de 1743, de autoria de Fernando Teles, a ilha e as terras de Sete Cidades ficam numa longa costa de formato semelhante ao da costa entre o Maranhão e o Ceará, onde o Parnaíba deságua em forma de delta (Martin, 1996; Bastos, 1994).

Mas o crédito e o mérito pela criação de Sete Cidades não foi dado somente aos fenícios. Há uma hipótese segundo a qual Sete Cidades foi importante porto viking no Brasil. Os símbolos comuns da mitologia viking, como as sereias, o martelo de Thor e as serpentes estariam representados no traçado das pinturas rupestres (Bastos, 1994; IBDF, 1979).

O conjunto das Sete Cidades é resultante da ação das forças da natureza sobre o substrato rochoso que não só se transformou em modelado ruiforme, mas serviu também de palco para uma das mais antigas manifestações de comunicação humana: a pintura rupestre.

### 3.2 ASPECTOS LEGAIS

A legislação específica sobre conservação dos recursos naturais surge no Brasil com a Carta Régia de 1797. Apesar de sua existência, ela não foi aplicada, persistindo a exploração desses recursos. A primeira manifestação de cunho público é de 1876, com a proposta do engenheiro André Rebouças para que se protegesse a Ilha do Bananal e as Cataratas de Sete Quedas, mas somente em 1937 é estabelecida a primeira unidade de conservação no Brasil, o Parque Nacional de Itatiaia (Wallauer, 1998).

Instrumentos legais a partir da Carta Régia de 1797 foram surgindo para estabelecer ações para preservar e conservar áreas que tivessem atributos naturais, culturais e cênicos que merecessem ser salvaguardados.

O Código Florestal de 1934 foi o primeiro instrumento legal. Segundo Wallauer (1998), nele estão “as normas de classificação de floresta, as regras de sua exploração quando de propriedade privada ou de domínio público, em forma intensiva ou limitada, a fiscalização, as infrações as contravenções, os crimes florestais e as penalidades previstas.”

E, mais recentemente, a Lei 9.985, de 18/7/00, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), que estabelece os critérios e as normas para criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Nas palavras do Ministro do Meio Ambiente, José Sarney Filho, “o novo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza criado vem definir, uniformizar e consolidar critérios para o estabelecimento e a gestão de áreas protegidas”.

O SNUC tem por objetivos:

- I - contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- II - proteger as espécies ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- III - contribuir para a preservação e a restauração da diversidade de ecossistemas naturais;
- IV - promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais;
- V - promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- VI - proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- VII - proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural;
- VIII - proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos;
- IX - recuperar ou restaurar ecossistemas degradados;
- X - proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental
- XI - valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica;
- XII - favorecer condições e promover a educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza e o turismo ecológico;
- XIII - proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura promovendo-as social e economicamente.

A Lei 9.985/00 redefine assim a unidade de conservação, ou seja, área que mereça ser protegida:

espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Para agrupar as unidades de conservação conforme suas respectivas características específicas, o SNUC divide-as em dois grupos: unidades de proteção integral e as unidades de uso sustentável.

As unidades de proteção integral têm por finalidade “preservar a natureza sendo permitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta lei” (Lei 9.985/00).



As unidades de uso sustentável têm por finalidade “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos recursos naturais” Lei (9.985/00).

Dentro de cada grupo existem categorias de unidade de conservação (Tabela 2). Segundo a lei atual, Sete Cidades pertence ao grupo unidade de proteção integral, categoria Parque Nacional.

Grupos	Categorias das UCs
<b>Unidades de Proteção Integral</b>	Estação Ecológica
	Reserva Biológica
	Parque Nacional
	Monumento Nacional
	Refúgio da Vida Silvestre
	Área de Proteção Ambiental
<b>Unidades de Uso Sustentável</b>	Área de Relevante Interesse Ecológico
	Floresta Nacional
	Floresta Extrativista
	Reserva de Fauna
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
	Reserva Particular do Patrimônio Natural

Tabela 2: Grupos e categorias de unidades de conservação. Fonte: Lei 9.985/00.

Segundo Quintão (1983) e Miller (1980), citados por Wallauer (1998), o primeiro parque nacional foi o Yellowstone National Park, nos Estados Unidos, fruto da iniciativa dos exploradores Washburn, Langford e Doane que constataram, após expedição ao local, que os recursos naturais da área estavam sendo explorados inadequadamente, provocando danos ao meio ambiente.

Após a iniciativa norte-americana, outros países fundaram os seus parques nacionais, sempre com o intuito de proteger os recursos naturais. Em 1855 surge o primeiro parque no Canadá; na Nova Zelândia em 1894; na Austrália em 1898; em 1898 também na África do Sul (Wallauer, 1998).

Na Europa, a Suécia e a Suíça foram os primeiros países a estabelecer os seus parques nacionais. Na América do Sul, a primeira iniciativa partiu da Argentina em 1922; em 1925 seria a



vez do Chile; em 1934, o Equador; e em 1937 a Venezuela (Miller 1980, citado por Wallauer 1998).

Diante do surgimento de vários parques nacionais no mundo, com diferentes usos e objetivo, segundo com Miller (1980, citado por Wallauer, 1998), em 1969 a 10ª Assembléia Geral da UICN ( União Internacional para a Conservação da Natureza), estabeleceu requisitos para uma área para ser chamada de Parque Nacional. Ela deve ser relativamente extensa, possuir animais, plantas e sítios geomorfológicos que despertem interesse científico, educacional e recreativo e ter beleza cênica; deve ter pouca ou nenhuma intervenção humana e, quando transformada em parque, deve ser plenamente protegida de qualquer alteração, podendo ser usada somente com fins recreativos, educacionais ou turísticos.

Ainda em âmbito mundial, em 1972 a 11ª Assembléia Geral da UICN elaborou vários critérios para os parques nacionais: ser zona protegida permanentemente; ser proibida a exploração de qualquer recurso natural; manejo feito de modo a cumprir seus objetivos específicos; ter ao menos 1000 ha de superfície contígua de preservação de sua biota em estado natural, entre outros critérios (Miller 1980, citado por Wallauer, 1998).

No Brasil, a primeira definição de parque nacional foi dada pelo Código Florestal de 1934, nos seguintes termos: “monumentos públicos naturais, que perpetuam a sua composição florística primitiva, trechos do país, que por circunstâncias peculiares o merecem” (Wallauer, 1998). E em 1937 surgiria o primeiro parque, o Parque Nacional de Itatiaia.

A partir de 1934 as concepções a respeito dos parques nacionais foram evoluindo até culminar no Decreto Lei n.º 84.017, de 1979, que estabelece suas características e objetivos: “áreas extensas e delimitadas, destinadas a fins científicos, culturais, educativos e recreativos. São lugares que possuem um ou mais ecossistemas inalterados ou parcialmente alterados pela ação humana, espécies vegetais e animais, sítios geomorfológicos, e habitats, ou paisagens de grande beleza cênica” (Lei 84.017/79).

Mais recentemente, a lei 9.985/00 estabeleceria:

“Art. 11: O Parque Nacional tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

§1º O Parque Nacional é de posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites serão desapropriadas de acordo com o que dispõe a lei.

§2º A visitação pública está sujeita às normas e restrições estabelecidas no Plano de Manejo da unidade, às normas estabelecidas pelo órgão responsável por sua administração, e àquelas previstas em regulamento.

83º A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão responsável pela administração da unidade e está sujeita às condições e restrições por este estabelecidas, bem como àquelas previstas em regulamento.

84º As unidades dessa categoria, quando criadas pelo Estado, ou Município, serão denominadas respectivamente de Parque Estadual e Parque Natural Municipal”.

Cada parque deve estabelecer o seu plano de manejo e o seu zoneamento, para administrar com eficiência e eficácia essa área de grande relevância ecológica e beleza cênica.

O plano de manejo é documento baseado nos objetivos da unidade de conservação, contemplando o zoneamento e as normas que devem regular o uso da área, o manejo dos recursos naturais e o estabelecimento de infra-estrutura para gestão da unidade. No zoneamento estão definidos os setores ou zonas de uma unidade de conservação, devendo proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados com eficiência (Lei nº 9.985/00).

Sete Cidades possui paisagens de grande beleza cênica que merecem ser preservadas e conservadas. Para isso, o Parque Nacional de Sete Cidades foi criado através do Decreto Federal n.º 50.744, de 8 de junho de 1961, no município de Piracuruca, no nordeste do Estado do Piauí, a 190 km de sua capital, Teresina. As principais vias de acesso são a BR-222, no trecho Piripiri-Fortaleza, e a BR-343, que liga Teresina a Parnaíba. Possui 6221,48 ha, e um perímetro de 36,2 km (mapa 1).

As coordenadas geográficas de seus pontos extremos são: ao norte 4º 02' 55,9"S e 41º 44' 13,7"W; ao sul 4º 08' 53,1"S e 41º 44' 39,2"13W; a leste 4º 06' 23" S 41º 40' 00" W; e a oeste 4º 05' 43,00' S e 41º 45' 32,2" W.

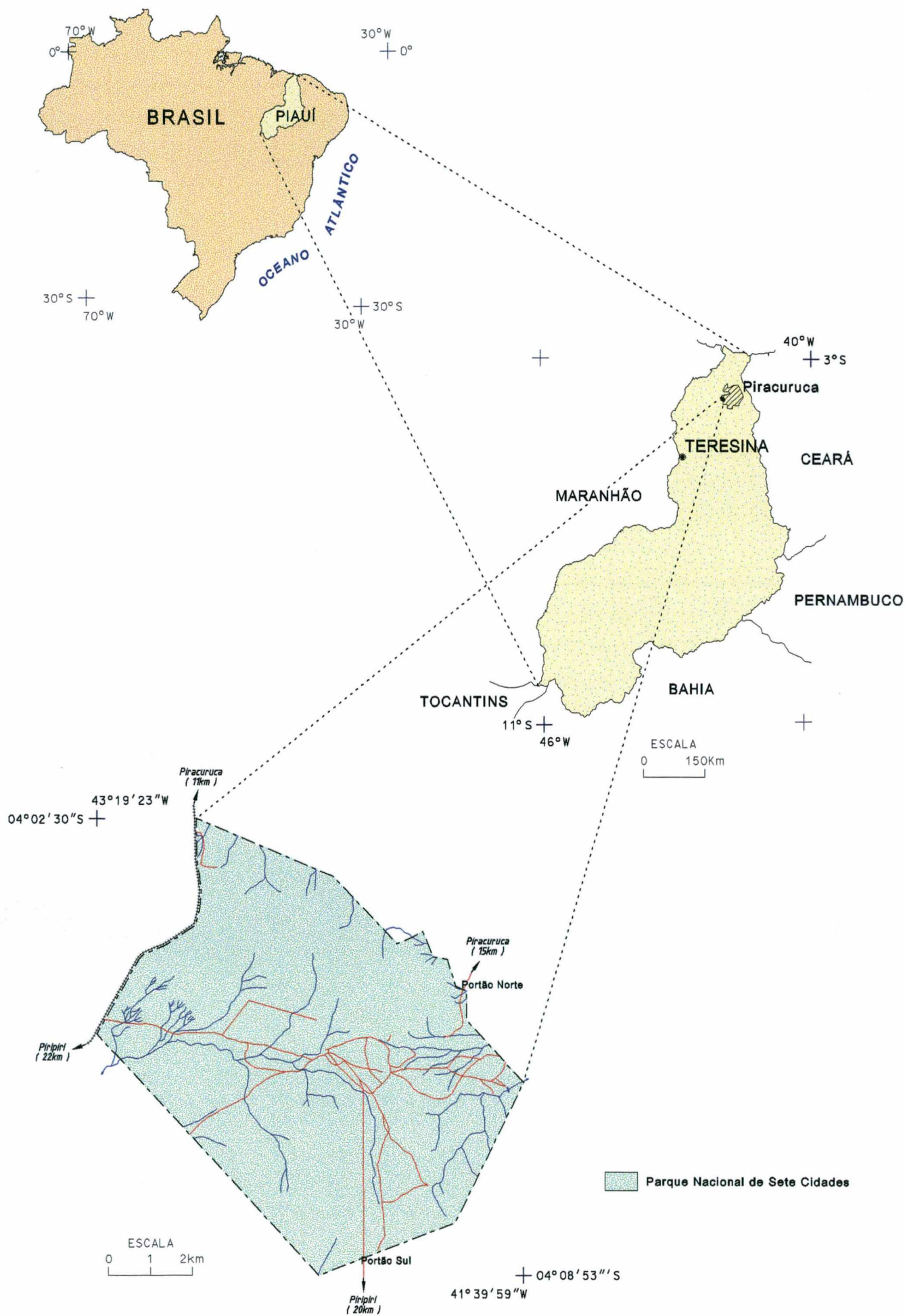
As terras do Parque Nacional de Sete Cidades foram todas desapropriadas pelo Ministério da Agricultura, passando para o domínio da União. Não há nenhum conflito fundiário no interior do Parque, protegido que está por uma cerca em toda a sua extensão desde 1979.

Sua Declaração de Significância diz: “a importância do Parque decorre principalmente de sua beleza cênica, devido aos monumentos geológicos com pinturas rupestres e do fato de ocorrerem várias nascentes perenes de água numa região carente desse recurso” (IBDF, 1979).

No Plano de Manejo de Sete Cidades, segundo IBDF (1979), são objetivos específicos de sua conservação e preservação:



**MAPA 01: LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES**





- ✓ conservar uma área dominada pelo cerrado, com o elemento de caatinga e floresta latifoliada, sua diversidade ecológica, suas potencialidades e recursos genéticos;
- ✓ manter a comunidade biótica representativa que originalmente ocorria nessa área;
- ✓ preservar os monumentos geológicos e belezas cênicas;
- ✓ manter a produção hídrica;
- ✓ preservar as pinturas rupestres e outros objetos de herança histórico-cultural;
- ✓ proporcionar educação visando ao respeito público ao meio ambiente; possibilitar e fomentar a pesquisa científica e estudos gerais que sejam compatíveis com os objetivos do parque;
- ✓ proporcionar serviços recreativos compatíveis com os demais objetivos do parque.

Segundo IBDF (1979), para atingir os objetivos específicos do Parque, o zoneamento foi estabelecido (Foto1 e Figura 7), como se detalha a seguir:



Foto 1: Placa situada nas entradas norte e sul do Parque, mostrando uma visão global do Parque com a localização das chamadas Sete Cidades e do zoneamento do Parque. Foto: Joël Pellerin, julho de 2000.

**Zona de Uso Intensivo:** com 250 ha, localiza-se na parte leste do Parque. É onde estão os monumentos geológicos e o centro de visitantes. Seu objetivo é facilitar a educação ambiental e proporcionar recreação intensiva em harmonia com o ambiente e causando o menor impacto possível.

**Zona de Uso Extensivo:** com 240 ha, seu objetivo é manter um ambiente natural com o mínimo impacto, ao mesmo tempo que facilita os acessos à Zona de Uso Intensivo. Abrange as áreas da Cachoeira do Riachão; da bacia d'água; das guaritas dos portões norte e sul; estrada do portão sul até a área de desenvolvimento Canga, e a estrada que sai desta área até a Pedra da Tartaruga; olho d'água do Milagres e estrada da Gruta do Pajé.



Zona de Recuperação: com 5.666 ha, é a maior parte do Parque; seu objetivo geral é deter a degradação dos recursos e restaurar da área para o seu estado o mais natural possível.

Zona de Uso Especial: área que circunda a administração do Parque, o olho d'água do Bacuri, a área das linhas de alta tensão e o abrigo no Salto de Pedra. Seu objetivo é dar as condições necessárias para o manejo e administração das demais zonas do Parque.

O folder distribuído pelo IBAMA aos turistas, dá uma noção mais detalhada da localização de cada zona do Parque. A Zona de Uso Intensivo está em verde claro e amarelo. Os componentes da Zona de Uso Extensivo têm seus nomes indicados. A Zona de Recuperação pode ser vista em verde escuro. A Zona de Uso Especial também tem seus nomes indicados no folder. A área de desenvolvimento Canga é composta pelo Espaço Bacuri, onde estão a administração, o abrigo e a piscina do Olho D'água do Bacuri (Figura 7).

### 3.3 ASPECTOS ARQUEOLÓGICOS

A herança cultural deixada pelos povos pré-coloniais que habitaram o Piauí beira à 800 sítios arqueológicos. Destaca-se o Parque Nacional Serra da Capivara e principalmente as suas pinturas rupestres que tornaram eterno o cotidiano dessas populações.

Alguns paredões rochosos, arcos e grutas de Sete Cidades também possuem painéis de pinturas rupestres. Esses painéis são testemunhos de que o local foi habitado ou ocupado por populações pré-coloniais. São aproximadamente vinte e seis sítios arqueológicos localizados na Zona dos Monumentos Geológicos, que constituem da Primeira à Sétima Cidade, na Serra da Descoberta e na Serra do Xixá.

A pintura rupestre é atualmente estudada sob a ótica da antropologia visual, como meio de comunicação, uma pré escrita, e por isso são consideradas fonte de informação antropológica (Pessis, 1992).

As diversas manifestações das pinturas rupestres existentes no Nordeste brasileiro foram divididas dentro de uma categoria de análise denominada de Tradição, que ordena as pinturas por grupos que representam identidades culturais de caráter geral. São critérios utilizados para a inserção de determinado grupo de pinturas em determinada tradição: os tipos de grafismos presentes nos painéis, as proporções relativas existentes nesses tipos e as relações que se estabelecem entre os diversos grafismos que compõem um painel (Martin, 1996).



# PARQUE NACIONAL SETE CIDADES CIRCUITO DE VISITAÇÃO

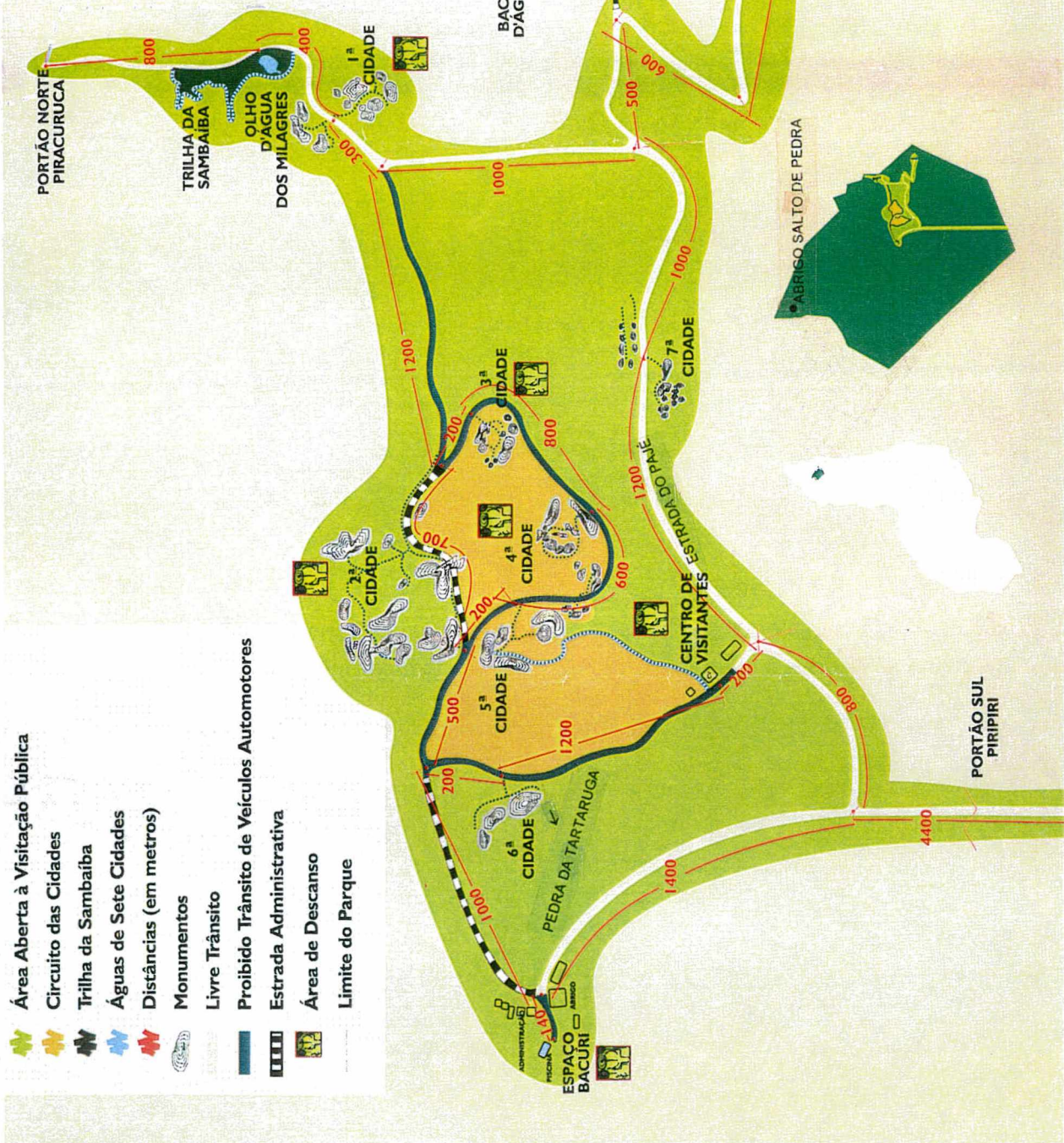


Figura 7: Zoneamento do Parque Nacional Sete Cidades: detalhe da zona de uso intensivo. Fonte: Folder Turístico, IBAMA (2000).



Há três tradições de pinturas rupestres no Nordeste brasileiro: a Tradição Nordeste, a Tradição Agreste e a Tradição Geométrica; as duas últimas estão presentes em Sete Cidades.

O nome Agreste se deve à grande concentração de sítios de pinturas dessa tradição nos brejos, pés de serras e várzeas do agreste pernambucano. Devido a ausência de levantamentos sistemáticos para esta tradição, sua origem é incerta; mas há informações de que se espalhe por todo o Nordeste do Brasil. Essa tradição se caracteriza por apresentar geralmente grafismos de zoomorfos e antropomorfos de tamanho grande, geralmente isolados, sem formar cenas; quando existem, apresentam poucos indivíduos ou animais. Grafismos puros, simples ou muito elaborados, acompanham os zoomorfos e antropomorfos (Martin, 1996).

Existem nas tradições os chamados grafismos emblemáticos, como se fossem marca registrada das tradições. Em Sete Cidades aparece uma marca registrada da tradição Agreste, um pássaro de longas penas e asas abertas, sugerindo um homem-pássaro (Martin, 1996).

Existem grafismos puros, descritos como abstratos, simbólicos, esquemáticos e também geométricos; geométricos porque os grafismos são como as figuras geométricas atualmente conhecidas. Tais pinturas recebem o nome de Tradição Geométrica. Embora utilizado por pesquisadores, esse termo, é visto com reservas, talvez pelo fato de ser uma tradição pouco estudada (Martin, 1996).

Em Sete Cidades a cor mais utilizada é o vermelho em diversas tonalidades, encontrando-se também grafismos em amarelo (Foto 2). A matéria prima do vermelho é o usado óxido de ferro abundante na couraça ferruginosa.

O conjunto de pinturas rupestres existentes no Parque Nacional Serra da Capivara vem sendo alvo de estudo desde os anos de 1970, e os resultados obtidos servem de referência para as pinturas rupestres no Nordeste brasileiro. Diante dos dados disponíveis, pode-se afirmar que a cronologia da Tradição Agreste se inicia em 5000 mil anos BP e supõe-se que a cronologia da Tradição Geométrica seja mais recente (Martin, 1996).

Os estudos arqueológicos realizados em Sete Cidades até agora tiveram como objetivos: a) cadastrar os sítios no órgão responsável, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional; b) registrar e documentar em filme plástico, fotografia e em vídeo os painéis de pinturas rupestres; c) retirar agentes naturais e antrópicos que provocam a destruição das pinturas, para preservar e conservar os painéis de pinturas.

Esses trabalhos são conduzidos pelo Núcleo de Antropologia Pré-Histórica da Universidade Federal do Piauí. Atualmente está em curso o preparo de uma dissertação de mestrado por uma pesquisadora desse núcleo, visando fornecer dados e reflexões mais aprofundadas a respeito das pinturas rupestres desse parque e do norte do Estado.





Foto 2: Paineis de pinturas rupestres na Pedra do Leque, situada na Serra da Descoberta. Observa-se à esquerda um zoomorfo típico da Tradição Agreste e grafismos geométricos. Foto: Janaina Santos, julho de 2000.

### 3.4 ASPECTOS FÍSICOS

#### 3.4.1 Hidrografia

O Parque Nacional de Sete Cidades está inscrito na sub-bacia do Rio Longá, que pertence à bacia do Rio Parnaíba. A área drenada pela Bacia do Rio Parnaíba ocupa 75% do Piauí, 19% do Maranhão e 6% do Ceará (Figura 9). O Rio Parnaíba nasce na divisa dos Estados do Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia; é perene em todo o seu curso de 1.344km. Os principais afluentes na margem direita são os Rios Longá, Poti, Canindé e Gurguéia; na esquerda, com expressiva contribuição hídrica está o Rio Balsas (Rivas, 1996).

Entre as sub-bacias existentes, interessa a este trabalho a sub-bacia do Rio Longá, com a área de 2.3800 Km<sup>2</sup> (bacia 5, figura 8). O Rio Longá é perene desde o trecho a jusante de Campo Maior até foz, no Rio Parnaíba. Merecem destaque nessa sub-bacia como afluentes: o rio Piracuruca, perene em todo o seu curso e o rio dos Matos, perene desde Piripiri até a foz, em Esperantina (Rivas, 1996).



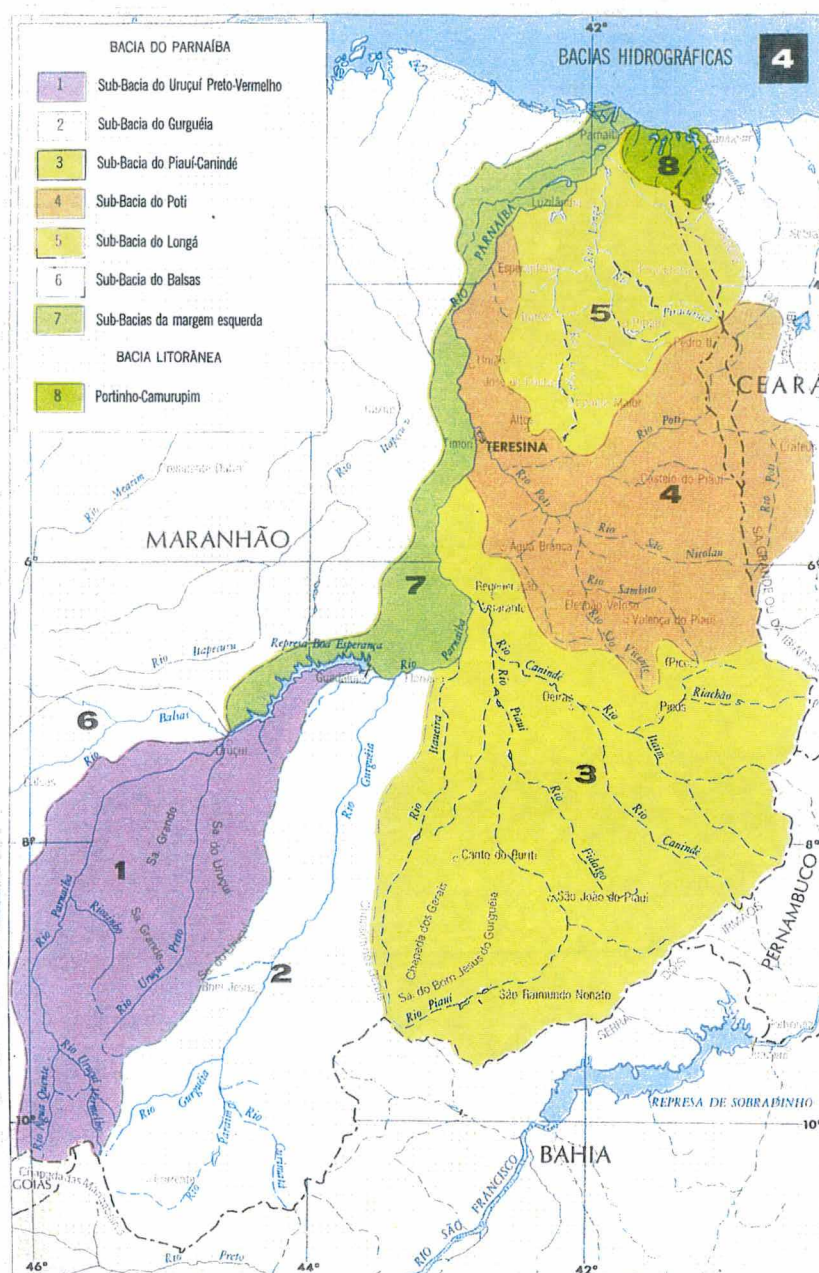


Figura 8: Mapa contendo a divisão das sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba. Fonte: CEPRO (1990).

Dentro do Parque existem olhos d'água que alimentam riachos de caráter intermitente. A zona de maior altitude, nos arredores da Falha do Morro do Cochicho, é o divisor de águas do Parque. Para leste e norte os cursos d'água são afluentes do Rio Piracuruca. Para oeste, toda a drenagem alimenta o riacho da Brasileira que por sua vez é afluente do Rio dos Matos (IBDF, 1979).

A área abrangida pelas cercanias de Sete Cidades é banhada por rios que têm regime muito irregular, condicionado pelo clima. A maior vazão dos rios ocorre em janeiro e se prolonga até agosto. De agosto a dezembro a maioria dos rios seca total ou parcialmente (IBDF, 1979).



### 3.4.2 Climatologia

A classificação climática de Köppen permite estabelecer três tipos de clima no Piauí: os climas Aw', Aw e BShw. Sete Cidades está localizada na área dominada pelo clima Aw', clima quente e úmido com precipitações no verão e no outono, as máximas foram verificadas nesta última estação. A classificação de Thornthwaite e Mather (1955), que tem por parâmetro os dados hídricos, identifica no Estado do Piauí duas tipologias climáticas: o clima subúmido seco e o clima semi-árido. Sete Cidades está na área subúmida seca (Emperaire, 1980).

Rivas (1996) classifica o clima na Bacia Hidrográfica do Parnaíba usando parâmetros pluviométricos e estabelecendo como valor de intervalo para as classes, 300mm critério segundo o qual o clima na área de Sete Cidades vai de clima subúmido a úmido, com chuvas anuais de 1.300 a 1.500 mm.

Segundo IBDF (1979), a temperatura média anual é superior a 26°C, a média anual da temperatura mínima é 16°C, e a média anual da temperatura máxima é 36°C.

Dados pluviométricos recolhidos entre 1912 e 1984 pela SUDENE (Figura 9) nas estações de Piripiri e Piracuruca indicam a média pluviométrica anual desses municípios de 1406 mm e 1702 mm, respectivamente. O período de seca vai de junho a novembro, e o período de chuva de novembro a maio, sendo fevereiro, março e abril os meses mais chuvosos (IBDF, 1979).

As precipitações têm grande irregularidade no tempo. Em Piracuruca foram verificadas precipitações extremas anuais de 412 mm (1958), 508 mm (1932), 2.376 mm (1934), 2.762mm (1950). Em Piripiri, precipitações de 487mm (1951), 3.752mm (1924) e 3.825 mm (1959).

Diferenças anuais nas precipitações entre esses dois municípios revelam que há importante variabilidade no espaço das ocorrências de chuva nessa área do Piauí: de 2.303mm em 1921 em favor de Piripiri; 1.464mm em 1950 em favor de Piracuruca e 3.413mm em 1958 em favor de Piripiri (IBDF, 1979).

Analisando os dados disponíveis pode-se afirmar que no Parque Nacional de Sete Cidades chove em média anualmente 1.500mm, tendo a precipitação mínima de 500mm e máxima de 3.000 mm anuais (IBDF, 1979).

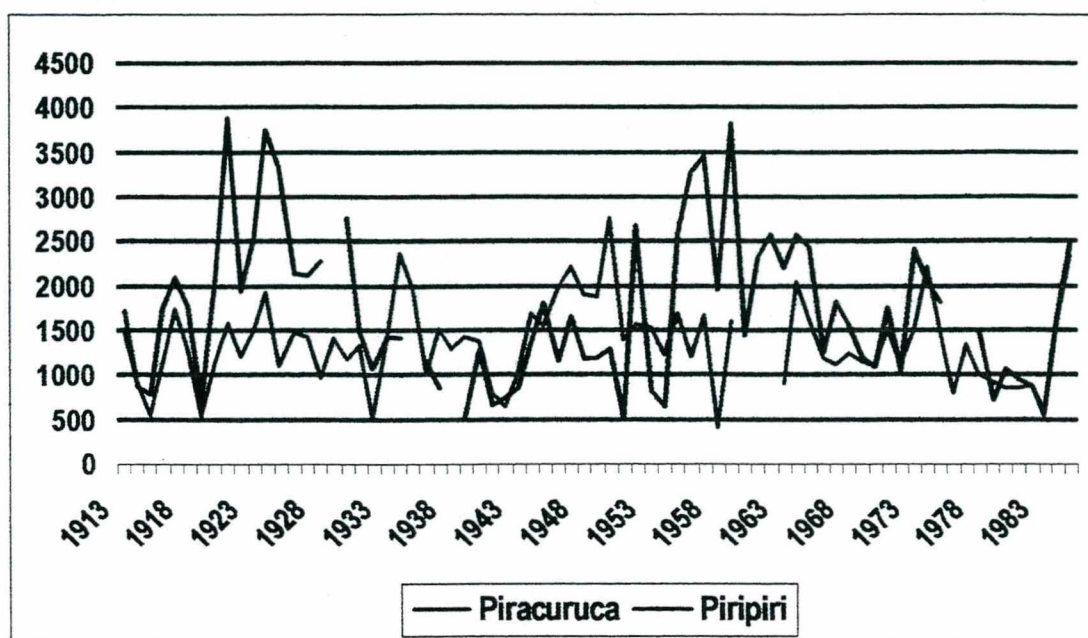


Figura 9: Precipitações anuais nos municípios de Piracuruca e Piripiri, no intervalo de 1913 a 1985. Organizado por Janaina Santos. Fonte: SUDENE (1990).

### 3.4.3 Relevo

A área de Sete Cidades localiza-se no Planalto Oriental da Bacia Sedimentar do Parnaíba, nordeste da mesma, à uma distância aproximada de 100 km da cuesta da Serra da Ibiapaba, que faz parte do primeiro alinhamento de cuestas do Estado. Esta bacia apresenta um relevo monoclinal de cuestas.

A topografia dominante em Sete Cidades e arredores é típica de um relevo de bacias sedimentares, ou seja de chapadas planas formando mesas de declive e escarpas abruptas. O relevo da área mostra uma superfície com altitudes que variam entre 100 e 300m representando as serras locais, como a Serra da Descoberta e a Serra Negra

As características do relevo e do modelado ruiniforme serão detalhadas no quarto capítulo deste trabalho.

### 3.4.4 Vegetação

De acordo com IBDF (1979), ocorrem espécies do cerrado e da caatinga em Sete Cidades. Não obstante, estudos de florística e fitossociologia em andamento, já permitem afirmar que a vegetação é composta somente por Cerrado. Eles estão sendo realizados por Edileide Oliveira doutoranda da Unicamp e Marcelo Mesquita mestrando da UFPE.



O cerrado é o segundo bioma do país, ocupando cerca de 23% do território brasileiro. Sua vegetação apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. Nas formações florestais, o predomínio é de espécies arbóreas; nas savânicas, a vegetação é composta por árvores e arbustos espalhados por um estrato gramíneo; nos campos predominam espécies herbáceas e algumas arbustivas sem árvores (Ribeiro & Walter, 1998).

Oliveira (sd) através de levantamentos em campo e do tratamento da imagem de satélite LANDSAT TM de 23/08/1998 produziu uma primeira classificação dos tipos de vegetação no Parque, identificando a presença de: Mata Fria, Mata Ciliar, Cerrado Seco, Cerrado Baixo e Campo (Figura 10). Cabe ressaltar que se trata da primeira versão dessa classificação, e está sujeita a modificações até o término da pesquisa de doutoramento de Oliveira.

De acordo com Ribeiro & Walter (1998), os tipos de vegetação identificados por Oliveira (2000) podem ser assim conceituados:

Mata Fria é uma vegetação arbórea, perenifolia sempre verde, de estrato arbóreo denso, com árvores com altura variando de 15 a 20m .

Mata ciliar é uma vegetação florestal arbórea caducifolia que acompanha os rios; é uma mata estreita, não raro ultrapassando 100m de largura em cada margem; as árvores variam em altura de 20 a 30m.

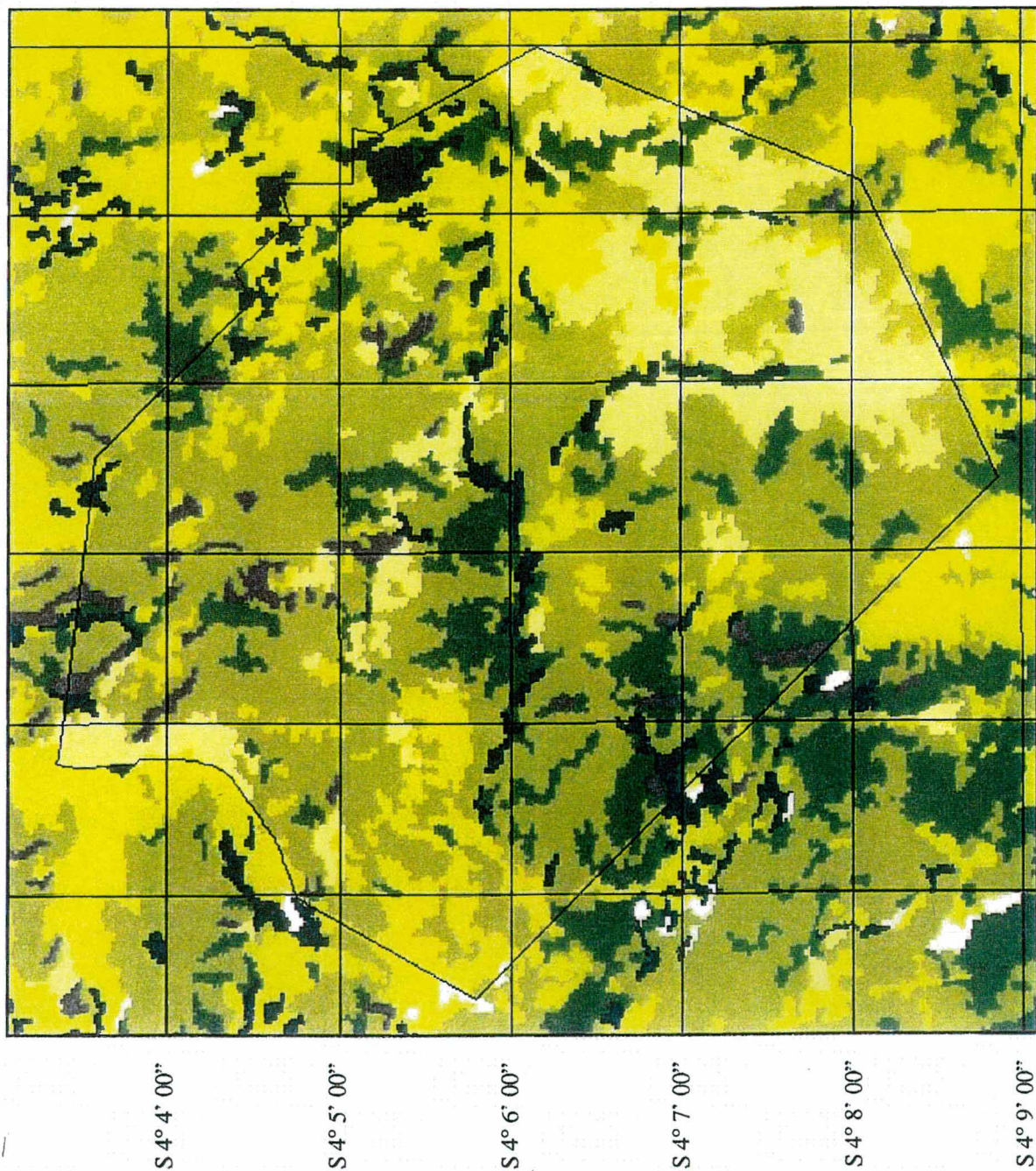
O Cerrado Seco e Cerrado Baixo fazem parte do chamado Cerrado Sentido Restrito caracterizado por árvores baixas, reclinadas, com arbustos e subarbustos espalhados. Na época chuvosa os estratos subarbusivo e herbáceo ficam mais exuberantes. O Cerrado Seco, ou típico, é uma vegetação arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 20% a 50% e altura média de três a seis metros.

Cerrado Baixo é constituído por uma vegetação arbóreo-arbustiva, com cobertura arbórea de 5% a 20% e altura média de dois a três metros, o estrato arbustivo-herbáceo tem presença significativa.

Campos cerrado divide-se em campo rupestre, campo sujo e campo limpo, dois últimos presentes em Sete Cidades. O campo sujo que é formado por arbustos e subarbustos entremeados no estrato herbáceo e campo limpo, onde a presença dos arbustos e subarbustos é insignificante.



# PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES



## TIPOS DE VEGETAÇÃO

### LEGENDA

- Mata Fria
- Mata Ciliar
- Cerrado Seco
- Cerrado Baixo
- Campo
- Sombra

### Sinais Convencionais

- Limite do Parque Nacional

Escala aproximada 1:60.000



### 3.4.5 Solos

Segundo IBDF (1979), os solos do Parque são as areias quartzosas e os solos hidromórficos.

Areias quartzosas: “solo de textura arenosa, profundo a bem profundo, drenado a bem drenado, fertilidade natural baixa, coloração branca a amarela; solo concrecionável laterítico pouco consistente ocorre geralmente em relevos suavemente ondulados”.

Solos hidromórficos: “solo de textura argilosa, com ou sem concreções arenosas, medianamente profundo a pouco profundo, bem e fortemente drenado, fertilidade natural baixa, coloração cinza amarelada, permanentemente saturado, classificado como solo intrazonal característico para as areias de formações areníticas”.

#### 4. PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES: GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

Apesar da grande beleza cênica que gerou lendas a respeito das formas incomuns do seu modelado há somente um estudo detalhe, de autoria de Fortes (1996), que será amplamente utilizado neste trabalho como referencial, no que diz respeito às características geológicas da área.

Esta pesquisa busca estabelecer o quadro geomorfológico do Parque Nacional de Sete Cidades, o que demanda localizar, identificar e descrever as feições geomorfológicas que constituem o relevo, o modelado e as formações superficiais do referido Parque.

A representação e espacialização dessas feições geomorfológicas foram feitas através da cartografia, com a elaboração do mapa geológico, do mapa geomorfológico e do mapa planialtimétrico. Este capítulo do trabalho traz a caracterização geológica do Parque Nacional de Sete Cidades e os comentários a respeito da legenda onde estão representados os elementos da sua geomorfologia.

##### 4.1 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES

###### 4.1.1 A rocha matriz: o arenito

O arenito é uma rocha sedimentar clástica composta por fragmentos abundantes, redondos ou angulares, de tamanho areia agregados a uma matriz de grãos finos (argila ou silte). Sua unidade é dada por material cimentante que pode ser sílica, óxido de ferro, ou carbonato de cálcio (Gary et al., 1972).

Para Mainguet (1972), o arenito é uma areia cimentada, constituída em sua maioria de grãos de quartzo e uma quantidade inferior a 5% de feldspato. Tem por características: a alta taxa de partículas detríticas grossas, reduzida taxa de partículas orgânica e fraca porcentagem, excluído o cimento, de partículas de origem química. O arenito engloba a natureza dos grãos: matriz e cimento.

Quanto à natureza dos grãos, os tipos de arenito são o arenito silicoso, o arenito feldspático, o arenito arcósico e o arenito micáceo ou psamítico (Mainguet, 1972).



A matriz é o preenchimento dos vazios entre os grãos cimentados por finas partículas argilosas, micáceas ou carbonáticas. A matriz é singenética quando aportada simultaneamente à massa do depósito arenoso; ou pode ser posgenética devido à alteração dos minerais componentes da rocha (Mainguet, 1972).

De acordo com Folk (1951, citado por Mainguet, 1972), os arenitos podem ser, segundo a quantidade de matriz: **imaturo**, quando constituído de fragmentos mal selecionados, angulosos, a rocha é rica em matriz argilosa e finamente micácea; **submaduro**, se os grãos forem angulosos e a matriz argilosa inferior 5% do volume da rocha; **maduros**, quando a matriz é nula e a seleção dos grãos é boa; **super maduro**, a matriz é nula, os grãos são redondos e a seleção é boa.

O cimento é sempre de origem química. Sua natureza pode ser silícica, calcária ou ferruginosa. Segundo Rouckin (sd, citado por Mainguet, 1972), existem três tipos de cimento. **Cimento basal**: os grãos não estão em contato, pois a rocha é rica em substâncias cimentantes; **cimento de contato**: coloca os grãos em contato; **cimento de poros**: que preenche os poros entre os grãos comprimidos pondo-os contato direto.

Os arenitos em Sete Cidades são constituídos por areia fina quartzosa, bem selecionada, podendo ser amarelos ou brancos. Verifica-se mudança na granulometria nos arenitos dos “canhões” que apresenta gradação granocrescente em direção ao topo de: areia fina quartzosa bem selecionada, areia grossa subarrendada mal selecionada e conglomerado fino. Conforme pode ser visto no mapa 2, há uma pequena faixa de arenitos psamíticos, ou seja, arenitos micáceos.

#### 4.1.2 Deposição dos sedimentos arenosos de Sete Cidades

A deposição dos sedimentos que constituem os arenitos de Sete Cidades remonta ao Devoniano. Os sedimentos foram depositados em um mar pouco profundo, um mar epicontinental. Esses sedimentos se depositaram sobre o fundo chato da Bacia Sedimentar do Parnaíba, e pertencem à Formação Cabeças.

A apresentação da evolução da sedimentação dos arenitos Cabeças é toda baseada no minucioso trabalho de Fortes (1996).

Na época dessa deposição, a geografia do lugar era a seguinte: havia montanhas cobertas por geleiras, onde hoje estão os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco; no sopé dessas montanhas havia uma faixa periglacial abaixo da qual estavam os







estuários para onde se encaminhavam as correntes de degelo.

Onde hoje é o Ceará havia os contrafortes ocidentais das montanhas, local de onde saíram os sedimentos que foram constituir os arenitos de Sete Cidades. Esses sedimentos percorreram extensões ao longo dos vales até chegarem à interface entre o continente e o oceano onde ocorriam planícies de maré, onde foram depositados; esse longo caminho percorrido explica a granulometria fina destes arenitos.

Toda essa área estava sujeita à ação da tectônica. No Devoniano ocorria o afundamento sistemático da bacia que garantiu o empilhamento dos depósitos que evidenciam vários ciclos de sedimentação. Ocorria também a oscilação relativa do nível do mar epicontinental em consequência do crescimento ou da diminuição das geleiras, produzia a oscilação crustal gerada pela variação de cargas das geleiras sobre as montanhas.

O acúmulo de gelo nas montanhas aumentava o peso da área, pressionado a litosfera e a astenosfera tendo como resultado ligeiro soerguimento nas áreas periféricas. A água que estava concentrada nas geleiras reduzia o volume das torrentes e dos detritos por ela transportados. Os canais dos estuários foram aprofundados nessa época, entalhando-se nos sedimentos depositados em etapas anteriores.

O gradual aumento de carga de sedimentos nos canais, permitiu o preenchimento dos mesmos. Isso gerou um sincronismo entre o fornecimento intenso de sedimentos registrados na base da deposição, constituída de abundantes canais fluviais sobre a planície de maré e os pulsos de afundamento que protegiam os sedimentos do transporte para além do estuário. O período de interdegelo corresponde aos depósitos dominados pela planície de maré, indicando que o ambiente de deposição foi estuarino.

Observando a figura 11 pode-se identificar o sistema de canais do estuário e aqueles do delta. O canal fluvial principal alcança o mar e deposita sua carga de sedimentos: a areia e a argila. A interação entre o excesso de sedimentos na área deltaica e a descarga do rio forma sistema de canais na franja da parte distal. São os lóbulos fluviais que resultam dos desbordos laterais dos canais configurando o amplo leque de espalhamento. Depois da borda dos lóbulos está o sistema dendrítico dos canais de maré de convergência inversa à dos lóbulos.

Na interface dos dois sistemas – o fluvial e o da planície de maré – há uma inversão da direção do fluxo. Ambos são ramificados, gerando na planície de maré um equilíbrio máximo na deposição e remobilização dos sedimentos. Se o estuário estiver em equilíbrio, todo o sedimento que ali chega será transportado para o mar que o dispersará mantendo a entrada do estuário desobstruída.



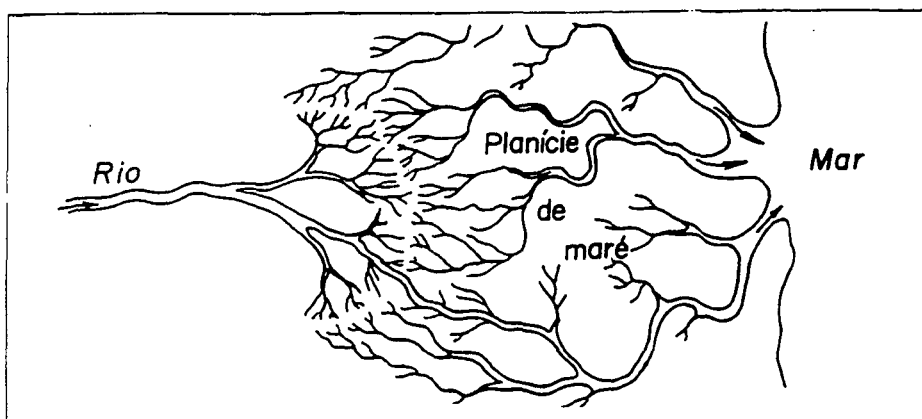


Figura 11: Esquema de interface rio/mar em um estuário. Fonte: Fortes (1996).

Deste modo nada ficaria acima do nível de base geral, e a faixa divisória entre os padrões dentrícos invertidos seria fixa. O avanço ou recuo dessa faixa sobre a planície de maré desequilibra a morfologia do estuário, produzindo as chamadas descontinuidades erosivas, momentos em que não houve deposição e sim retirada de sedimentos e que indicam que os canais fluviais avançam sobre os depósitos oriundos da planície de maré. O desequilíbrio pode ser causado por instabilidade tectônica, variação do nível do mar, da descarga fluvial ou devido a uma associação desses fenômenos.

Em Sete Cidades, os arenitos da Formação Cabeças aflorantes expõem no mínimo cinco ciclos de sedimentação, depósitos que podem ser visualizados na figura 12. As linhas festonadas são as seções de depósito de canal fluvial; as linhas horizontais são os depósitos de planície de maré. A espessura média de cada ciclo é de 18 metros.

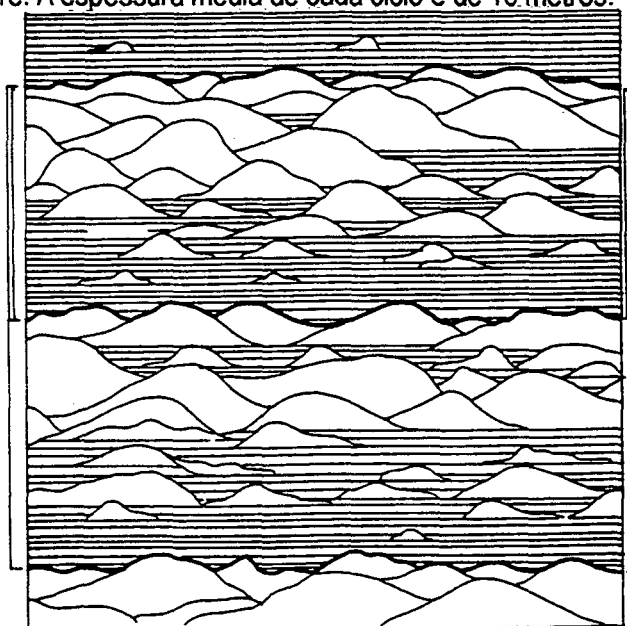


Figura 12: Sucessão de dois ciclos de sedimentação em Sete Cidades. Fonte: Fortes (1996).

Um ciclo se inicia com depósitos de canais fluviais justapostos sobre uma discordância erosiva escavada em depósitos laminados, de estratificação plano-paralela de planície de maré e

termina quando o pacote retorna gradativamente à estratificação plano-paralela das planícies de maré.

Os ciclos de sedimentação se deram numa zona costeira em processo de afundamento, ora mais ora menos rápido.

O regime das oscilações implica maior duração para a deposição de uma mesma espessura de sedimentos nas etapas finais do ciclo do que nas etapas iniciais. Ou seja: os volumes de areia que preenchem os canais fluviais se depositaram mais depressa do que as areias de estratificação plano-paralela nas planícies de maré.

Quando um pulso de afundamento tem início, a carga do fundo dos canais fica abaixo do nível de base. À medida que se reduz o afundamento, o sedimento que continua chegando através dos canais é retrabalhado, causando a expansão horizontal da área de deposição.

Quando ocorre o afundamento reduzido, os depósitos consistem principalmente do transbordamento dos canais quase assoreados por sobre a planície de maré que estava muito rasa, quase coincidindo com o nível de base, e sujeita a amplas inundações periódicas e ao retrabalhamento da maré.

#### 4.1.3 Tectônica

As falhas são “rupturas ao longo das quais as paredes rochosas opostas se moveram, uma em relação à outra” (Billings, 1954). Em Sete Cidades, elas são fator importante na organização do relevo. Ali ocorrem: a Falha da Descoberta, a Falha de Sete Cidades e a Falha do Morro do Cochicho (Figura 13).

Fortes (1996), explicou o arranjo dessas falhas. A Falha do Morro do Cochicho “é de importância primária para o sistema, pois ao longo dela ocorreu o movimento dos blocos e deu origem às outras duas. É uma falha transcorrente, cuja principal característica na topografia é ter sua zona de deslizamento ou o plano de falha em relevo positivo. Isso ocorre devido ao esmagamento dos arenitos e à dissolução e precipitação de sílica nos seus poros, cimentando-os mais fortemente na zona da falha; depois, a erosão diferencial encarregou-se de formar um relevo positivo”.

A Falha de Sete Cidades é uma falha reversa embora apresente na sua figura convenções de falha transcorrente. É a responsável pelo soerguimento do bloco da Serra Negra que, ao ser submetido ao longo do tempo a um trabalho erosivo, configurou-se em modelado ruiniforme. O bloco da Serra Negra apresenta os monumentos da Primeira, Segunda, Terceira,

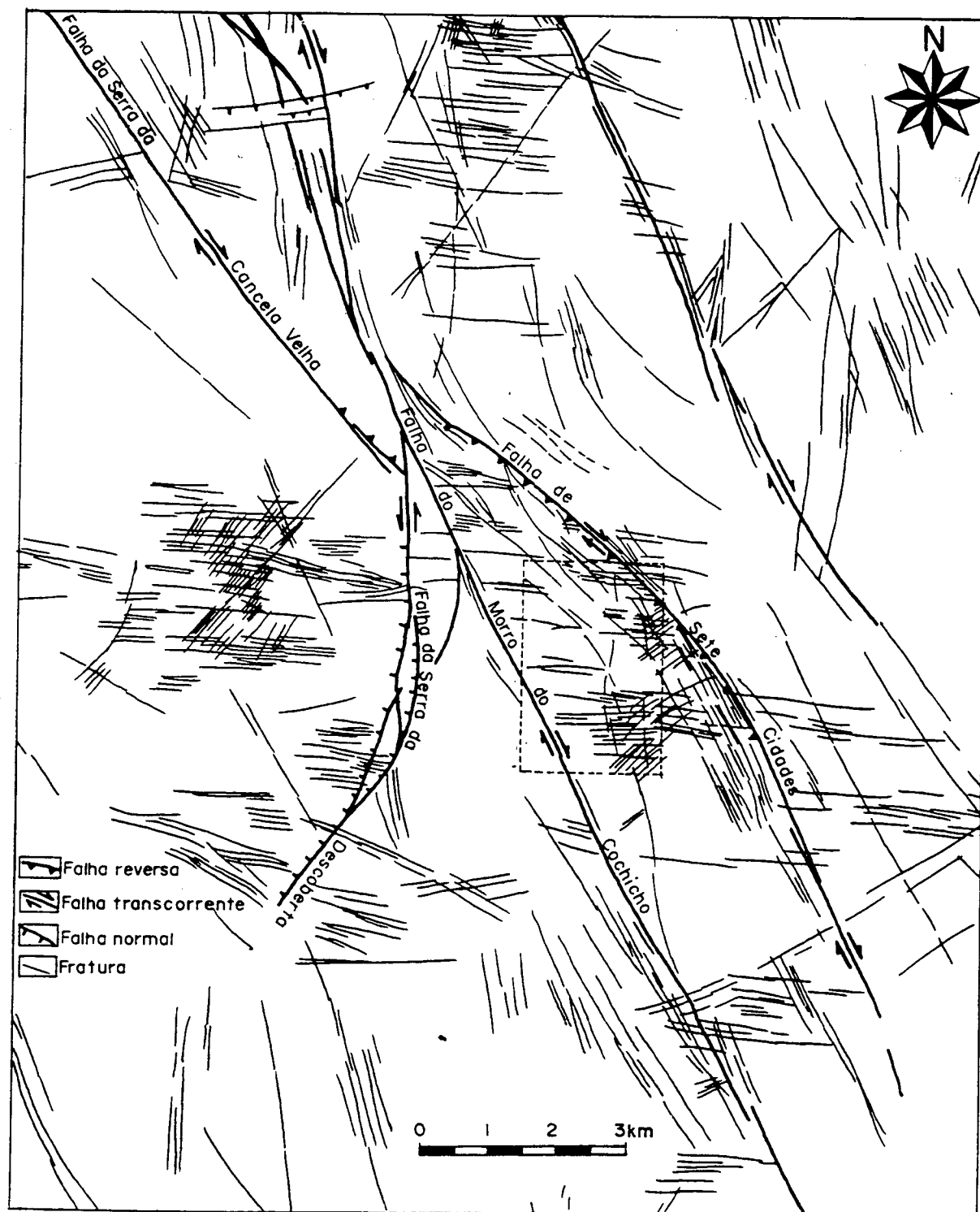


Figura 13: Mapeamento das falhas e fraturas do Parque Nacional de Sete Cidades, em pontilhado a área mapeada na figura 14. Fonte Fortes (1996).



Quarta, Quinta e Sétima Cidade, com exceção da Sexta Cidade, a Cidade da Tartaruga, situada a oeste da Falha do Morro do Cochicho.

O desnivelamento do bloco da Serra Negra deu origem a duas cachoeiras: a Cachoeira do Riachão e a Cachoeira do Olho d'água do Pinga. Esta última situa-se fora do Parque. Na parte inferior da Cachoeira do Riachão (cf. mapa 3) observam-se as lentes de folhelhos descritas na literatura como existentes na Formação Cabeças.

A Falha da Serra da Descoberta é uma falha normal, porém o referido autor também assinala-a como simbologia de falha transcorrente na figura 13.

#### 4. 1.4 Estruturas Sedimentares

As estruturas sedimentares são as “grandes feições presentes nos afloramentos rochosos” (Pettijohn, 1963). Segundo Suguio (1994), constituem-se propriedades inerentes ao processo de deposição e são observadas em campo nos afloramentos rochosos. As estruturas sedimentares podem ser inorgânicas ou orgânicas (Pettijohn, 1963).

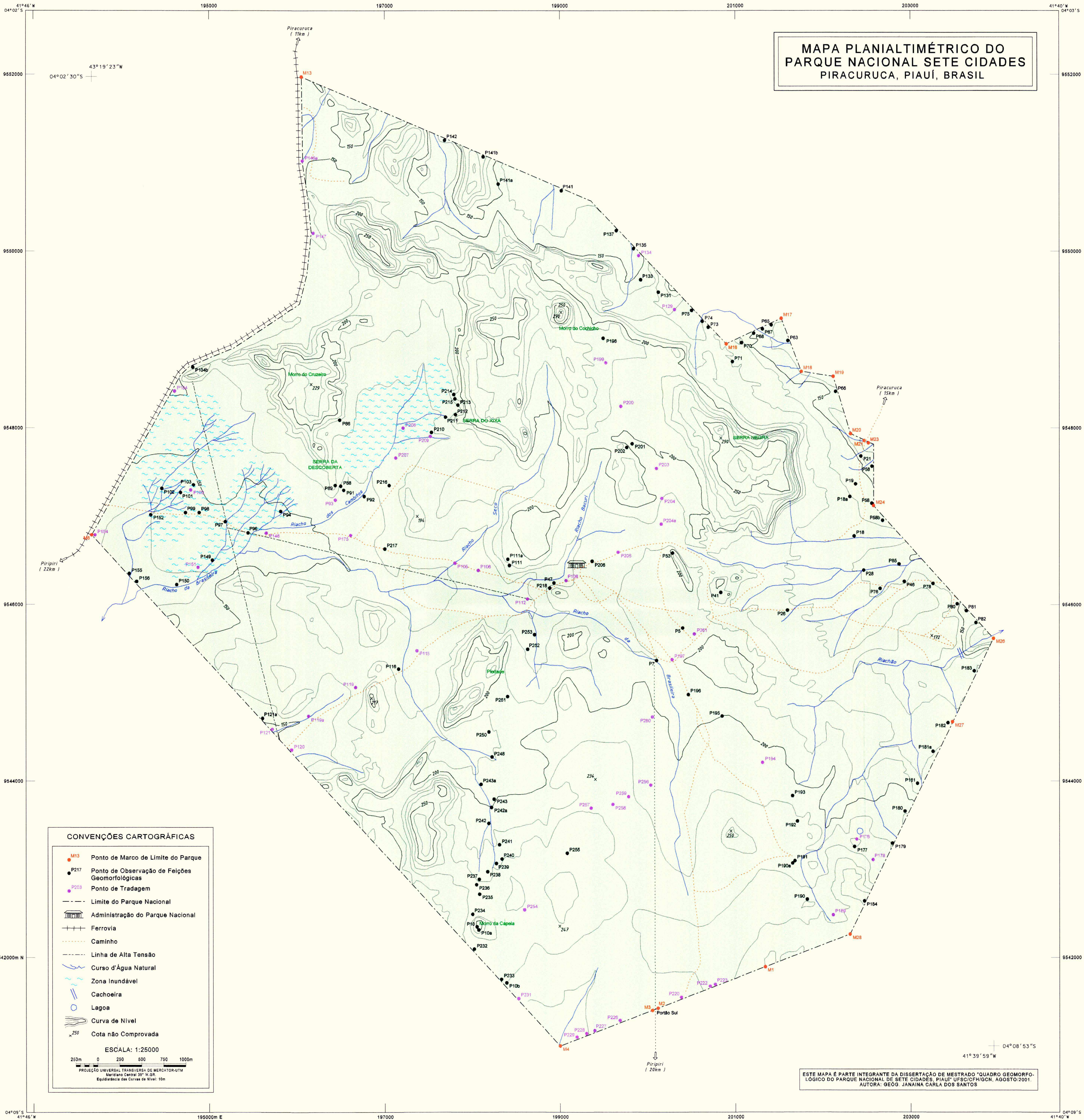
As estruturas inorgânicas podem ser primárias ou secundárias. As primárias ou mecânicas dependem da velocidade de corrente, da velocidade de sedimentação, do sedimento e da relação entre as taxas de erosão e deposição; são as chamadas estratificações. As estruturas secundárias são produto de ações químicas penecontemporâneas à sedimentação ou ligeiramente posteriores; são as concreções, as estruturas cone in cone, septárias entre outras.

As estruturas sedimentares orgânicas são consequência direta ou indireta da ação orgânica; elas são fósseis, testemunhando a ação de organismos vivos ou mortos durante a deposição: as petrificações, os rastros, as pistas, entre outras (Tabela 3).

As estruturas sedimentares observadas no Parque Nacional de Sete Cidades são: estratificação cruzada plana, estratificação cruzada acanalada, estratificação plano-paralela, estrutura de corte e preenchimento, marcas de onda, marcas de vermes e anéis de “Liesegang”.

A estratificação é uma camada de rocha de forma tabular ou lenticular que possui alguma unidade litológica ou estrutural, sendo possível a sua individualização de estratos que repousem sob ou sobre ela. É uma estrutura primária, de origem inorgânica e sindeposicional, ou seja, uma estrutura gerada ao mesmo tempo em que a deposição das camadas e sendo produto





MAPA PLANIALTIMÉTRICO DO  
PARQUE NACIONAL SETE CIDADES  
PIRACURUCA, PIAUÍ, BRASIL

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

M13

Ponto de Marco de Limite do Parque

P217

Ponto de Observação de Feições Geomorfológicas

P203

Ponto de Tradagem

Limite do Parque Nacional

Administração do Parque Nacional

Ferrovia

Caminho

Linha de Alta Tensão

Curso d'Água Natural

Zona Inundável

Cachoeira

Lagoa

Curva de Nível

X 250

Cota não Comprovada

ESCALA: 1:25000

250m

0

250

500

750

1000m

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR-UTM

Meridiano Central 35° W.GR.

Equidistância das Curvas de Nível: 10m

ESTE MAPA É PARTE INTEGRANTE DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO "QUADRO GEOMORFOLÓGICO DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES, PIAUÍ" UFSC/CFH/GCN, AGOSTO/2001.  
AUTORA: GEÓG. JANAINA CARLA DOS SANTOS

Fonte: Base Cartográfica Plano de Ordenamento Geral do Parque Nacional Sete Cidades, Escala 1:40000, IBDF, 1973;  
Fotografias Aéreas, Escala 1:25000 e 1:70000, Aerofoto Cruzelândia do Sul, 1969 e 1974;  
Levantamento em Campo.

Produzido no Laboratório de Geoprocessamento do Depto. de Geociências, CFH/UFSC, labr/2001  
Digitalização e Edição: Geógr. Janaina Carla dos Santos; Edição Final: Geógr. José Henrique Vilela



de processos físicos. Os fatores de origem físico-química ou bioquímica podem ocorrer no caso de estratificação em calcários, dolomitos ou evaporitos (Pettijohn, 1963; Suguio, 1994; Mendes 1992).

<b>Estructuras inorgánicas</b>		<b>Estructuras orgánicas</b>
<b>Mecánicas ("primarias")</b>	<b>Químicas ("secundarias")</b>	
A. Estructuras de estratificación laminares	A. Estructuras de disolución	A. Petrificaciones
1. Laminaciones	1. Estilolitas	
2. Estratificación entrecruzada	2. Zonas de corrosión	
3. Estratificación gradada	3. Geodas, oolicastos, etc.	
B. Estructuras de estratificación lineales	B. Estructuras acrecionales	B. Estratificación ("weedia" y otros estromatolitos)
1. Estriaciones	1. Nódulos	
2. Lineación en arenas	2. Concreciones	
3. Calcos espatulados	3. Agregados cristalinos (esferulitas y rosetas)	
4. Óndulas	4. Venillas	
	5. Bandeado en el color	
C. Irregularidades y marcas en el plano de estratificación	C. Estructuras	C. Varias
1. Marcas de olas y de oleaje	1. Geodas	1. Performaciones
2. Hoyuelos e impresiones (lluvia, etc)	2. Septarios	2. Pistas y huellas
3. Recortaduras, cavidades, etc.	3. Cono-en-cono	3. Bolitas fecales y coprolitos
D. Estratificación deformada y quebrantada		
1. Plegamiento de sedimentos blandos		
2. "Boundinage" de sedimentos blandos		
3. Estratificación quebrantada (brechación, roturas por tracción, grietas de desecación, inclusiones de arcilla, etc)		
4. filones capas y diques sedimentarios		

Tabela 3: Classificação das estruturas das rochas sedimentares. Fonte: Pettijohn (1963).

Para Mendes (1992) a estratificação cruzada ocorre quando as "lâminas de cada camada dispõem-se paralelamente entre si, formando, porém, um ângulo variável com os planos de estratificação". Na estratificação cruzada do tipo plano, "as superfícies delimitadas das camadas são planas e a espessura geométrica é tabular ou cuneiforme". No tipo acanalado "as lâminas frontais são bem recurvadas e desenvolvem-se em camadas cujos contatos basais são curvos. Cada lâmina assume a forma de uma concha".

Ainda de acordo com esse autor a estratificação cruzada é frequentemente encontrada em ambientes fluviais e eólicos, podendo ser encontrada em depósitos de praias e nas partes rasas das plataformas continentais.

A estratificação plano-paralela é, para Mendes (1992), "seqüências de camadas separadas por superfícies planas ou subplanas, dispostas paralelamente ao substrato pré-deposicional". Segundo Suguio (1994), é a mais simples das estratificações e é encontrada em vários ambientes de sedimentação, abrangendo de canais fluviais a praias e frentes deltaicas.



MAPA GEOMORFOLÓGICO DO  
PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES  
PIRACURUCA, PIAUÍ, BRASIL

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

FORMAS DE RELEVO

- Patamares Escalonados
- Modelado Ruiniforme Alto
- Modelado Ruiniforme Baixo
- Lajeado

TECTÔNICA

- Falha
- Fratura
- Escarpa de Falha
- Crista de Falha

FORMAS ESTRUTURAIS

- Cornija com Altura  $\geq 40m$
- Cornija com Altura  $< 40m$
- Ruptura Convexa
- Ruptura Côncava

FORMAÇÕES SUPERFICIAIS

- Formações Arenosas
- Courea Ferruginosa

HIDROMORFIA

- Zona Hidromórfica
- Zona Inundável

- Ponto de Tradagem e Profundidade\* (\* Profundidade das Formações Arenosas)
- Limite do Parque Nacional
- Administração do Parque Nacional
- Ferrovia
- Caminho
- Linha de Alta Tensão
- Curso d'Água Natural
- Cachoeira
- Lagoa
- Curva de Nível
- Cota não Comprovada

ESCALA: 1:25000  
250m 0 250 500 750 1000m  
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR-UTM  
Meridiano Central 39° W, GR  
Equidistância das Curvas de Nível: 50m

ESTE MAPA É PARTE INTEGRANTE DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO "QUADRO GEOMORFOLÓGICO DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES, PIAUÍ: UFSC/CPH/GCN, AGOSTO 2001."  
AUTORA: GEÓG. JANAINA CARLA DOS SANTOS



A estrutura de corte e preenchimento também chamada de escavação e preenchimento, é uma estrutura cujas dimensões não ultrapassam dois metros; ocorrem em vários ambientes, mas sempre em condições subaquáticas. Tem duas partes: a parte côncava, que fica na camada inferior, resultante da erosão de camadas de granulação geralmente mais fina. Na base da camada superior ficará a parte convexa composta de sedimentos mais grossos (Suguio, 1994).

Os anéis de "Liesengang" serão mais bem explicitados no tópico referente aos "canhões".

As marcas de onda são decorrentes da passagem da corrente sobre o sedimento arenoso no momento da deposição, durante a qual os grãos se deslocam e surgem pequenas rugosidades (Mendes, 1992).

Há ainda nos arenitos de Sete Cidades estruturas de origem orgânica, as chamadas marcas de vermes e estruturas de bioturbação.

#### 4.1.5 Mapa Geológico da Zona dos Monumentos de Sete Cidades

O trabalho de Fortes (1996) apresenta um mapa geológico detalhado da Zona dos Monumentos Geológicos. Em seguida estão as descrições do autor para as camadas por ele definidas na legenda da Figura 14.

Laterito: presente no topo da Serra Negra estão "poucas manchas de um latossolo fóssil, resíduos de um solo formado sob florestas bem mais úmidas e densas".

Serra Negra: esse maciço compreende 4 camadas equivalentes aos ciclos de sedimentação da figura 14. Ele representa o testemunho do grande pacote dos arenitos Cabeças em Sete Cidades. Muitos trechos dos seus flancos possuem escarpas pequenas, que apresentam reentrâncias consideradas cavernas rasas que assinalam as descontinuidades erosivas que separam as camadas Serra Negra 1, Serra Negra 2, Serra Negra 3, e Serra Negra 4.

Monumentos: constitui a base da Serra Negra, onde estão esculpidos os monumentos geológicos, da Segunda, Quarta e Quinta Cidade. É o que se convencionou chamar neste trabalho, de modelado ruiniforme alto (ver tópico 4.4). "Essa camada mergulha integralmente sob a Serra Negra. O arenito está densamente fraturado e essas fraturas se entrecruzam em três direções: E-W, NE-SW, NW-SE. A densidade dessas fraturas é menor que a densidade das fraturas existente na camada do Forte".



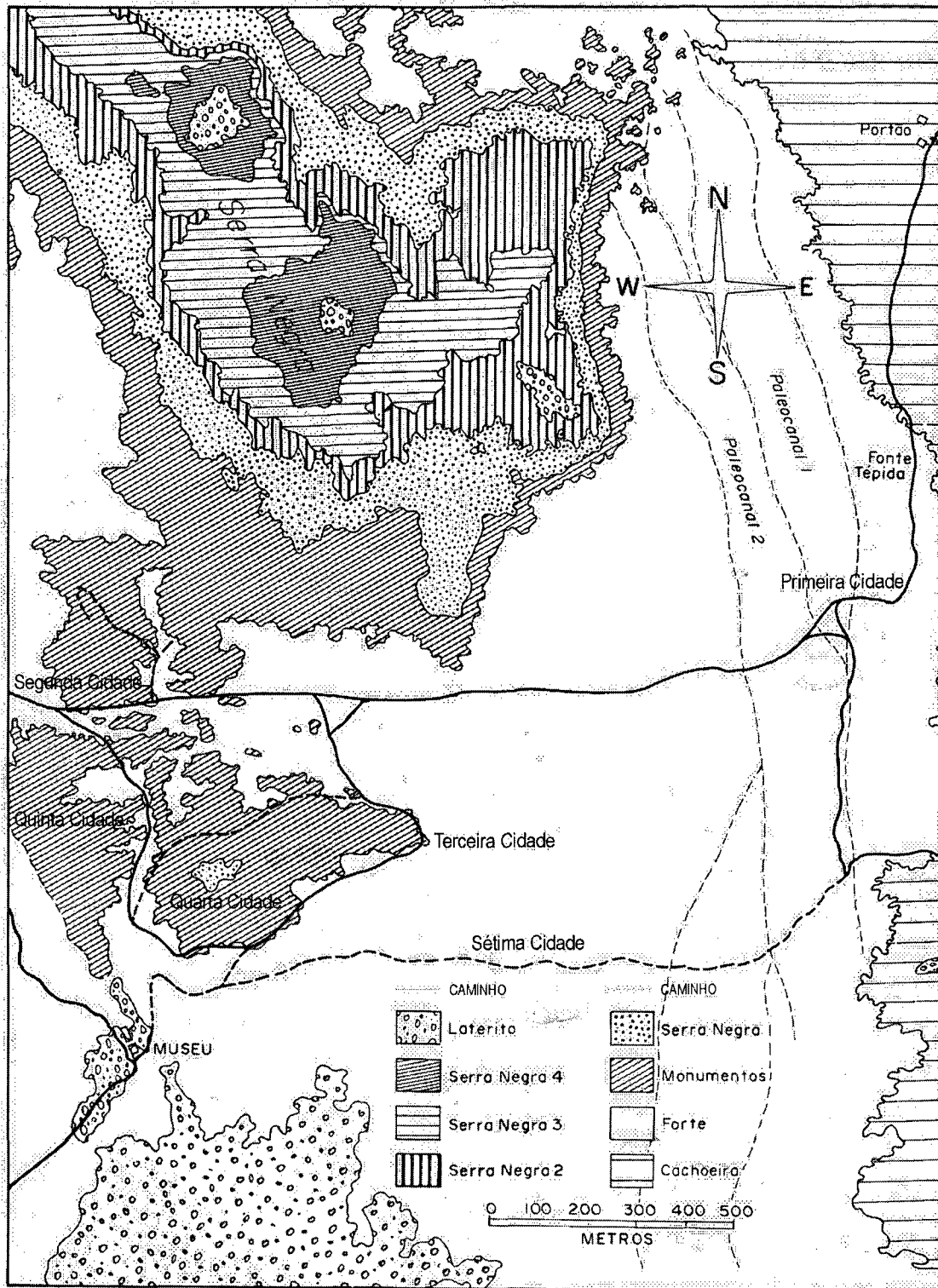


Figura 14: Mapeamento geológico da área do Parque que corresponde as chamadas "Sete Cidades", modificado de Fortes (1996).

**Forte:** corresponde à Primeira, Terceira e Sétima Cidade, onde estão os cânhões. É onde se concentram as formas do modelado ruiniforme baixo, isto é, a porção sul e leste da Serra Negra. A superfície está inclina-se levemente para leste. O denso feixe de fraturas existente está orientado na direção E-W. Esta camada é densamente recortada por fraturas. O autor reconheceu dois paleocanais na parte leste (Figura 14).

## 4.2 APRESENTAÇÃO DAS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS

### 4.2.1 Relevô

Durante o levantamento de campo foram definidas na paisagem de Sete Cidades as seguintes feições geomorfológicas: a) afloramentos rochosos, maciços ou esculpidos em modelado ruiniforme alto e modelado ruiniforme baixo, lajeado; b) pavimentos de blocos; c) formações arenosas; d) couraça ferruginosa. Os três últimos elementos compõem as formações superficiais.

A topografia dominante em Sete Cidades e arredores é típica de relevo de bacias sedimentares, composto por chapadas planas formando mesas e escarpas abruptas. O relevo da área mostra superfície com altitudes que variam entre 100 e 300m, representando as serras locais, como a Serra da Descoberta e a Serra Negra (IBDF, 1979).

O setor norte do Parque, mais acidentado, com altitudes variando entre 150m e 290m, concentra a maior parte dos afloramentos rochosos. Recebendo as toponímias de Serra Negra, Serra do Xixá, e Morro do Cruzeiro. Verifica-se outra concentração de afloramentos ao longo Falha da Serra da Descoberta, chamada de Piedade (cf. mapa 4).

As formações arenosas dominam o restante do parque. A topografia dessa grande área é plana, suavemente ondulada, interrompida, às vezes, pelos pequenos afloramentos rochosos dispersos. A porção sul é a parte mais plana do Parque (cf. mapa 4).

Os lajeados; os pavimentos de blocos; as couraças ferruginosas, e a hidromorfia estão em concentrações disseminadas pelo Parque.

A expressão *pavimentos de blocos* (foto 3) aplica-se a duas faixas estreitas do terreno junto à cerca de limite, a leste do Parque. Possuem blocos de arenito, *in situ* ou rolados, em alternância com estreitas e rasas áreas de formações arenosas acimentadas.

As duas faixas de pavimentos de blocos são compostas por grandes blocos de arenito



ferruginizado, blocos com diâmetro superior a 2m, a maioria *in situ*. Entre eles existem pequenas zonas compostas pelas formações arenosas de cor cinza, onde a profundidade não ultrapassa 50cm. A topografia é ondulada. Elas não estão representadas no mapa geomorfológico por impossibilidade de demarcar corretamente a sua extensão na fotografias áreas. Elas estão entre os pontos M23 e 58b e 181a e 183 (cf mapa 3).



Foto 3: Vista da zona de pavimentos de blocos, observa-se a declividade do terreno, a presença dos blocos de rocha e das formações arenosas. Foto: Janaina Santos, julho de 2000.

A Serra Negra, a Serra do Xixá, e o Morro do Cruzeiro são marcadas por patamares estruturais, individualizados pelas cornijas que correspondem à camada de rocha mais dura. Os patamares estruturais correspondem as rochas dos ciclos de sedimentação identificados por Fortes (1996).

Convém ressaltar que as cornijas ainda são encontradas em outros afloramentos do Parque. O contato com a superfície arenosa é abrupto, marcado por rupturas côncavas (cf. mapa 4).

Por fotointerpretação, verifica-se que os perfis dos demais afloramentos isoladamente distribuídos pelo parque são marcados por rupturas côncavas que estão em contato abrupto com a superfície arenosa. A declividade em direção ao topo é suave; os topos são marcados por rupturas arredondadas; as rupturas convexas (cf. mapa 4).

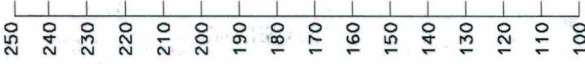
Observando o perfil AB de leste para oeste na Figura 15, o primeiro elemento que se pode considerar é a Falha de Sete Cidades que causou o soerguimento do pacote rochoso da



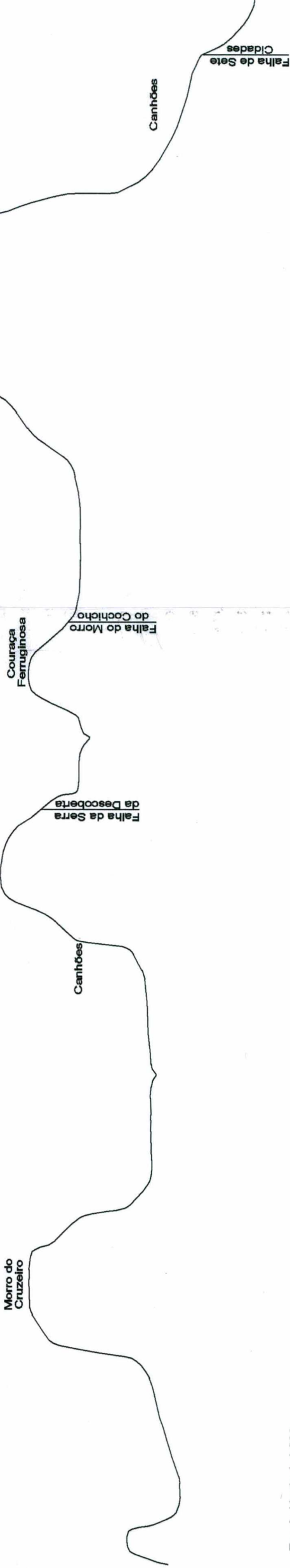
Em metros )

PERFIL A-B

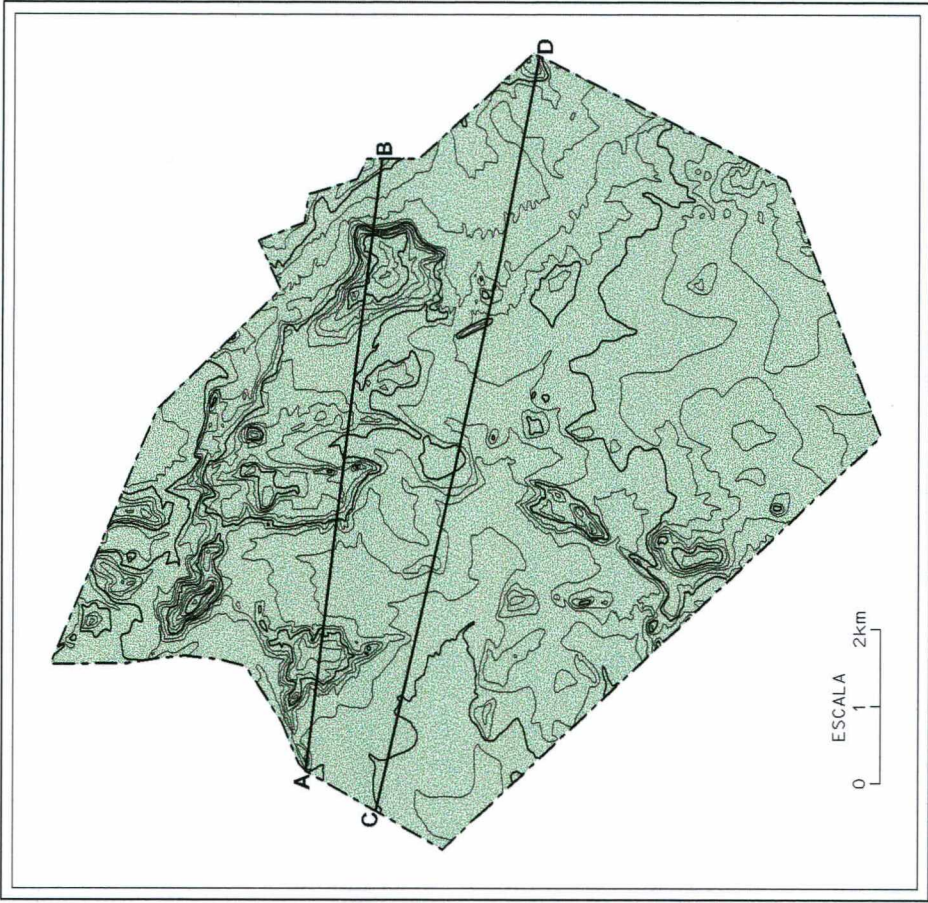
OESTE



Escala Vertical: 1:200  
Escala Horizontal: 1:25000



LESTE

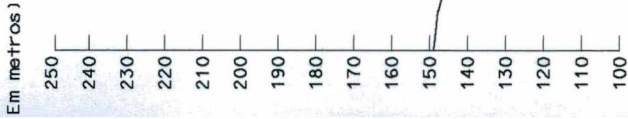


ESCALA  
0 1 2km

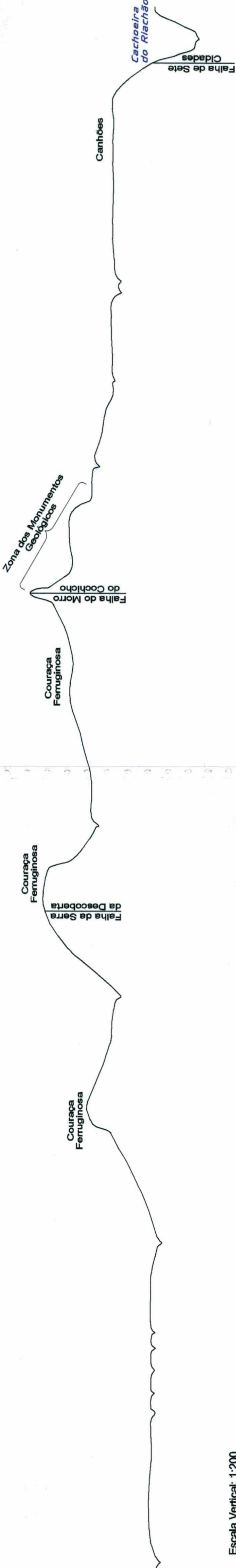
PERFIS TOPOGRÁFICOS DO PARQUE NACIONAL DE SETE CIDADES  
PIRACURUCA, PIAUÍ, BRASIL

PERFIL C-D

OESTE



Escala Vertical: 1:200  
Escala Horizontal: 1:25000



LESTE



Serra Negra. Em seguida, uma zona plana abriga formações arenosas. Tradagens feitas nas mesmas apresentam uma espessura mínima de 60cm, e máxima superior a 120cm.

Segue-se o vale do riacho do Bacuri, a Serra do Xixá. Entre a Serra do Xixá e o Morro do Cruzeiro está uma planície arenosa. A maior espessura dessas formações foi de 70cm. A vegetação é composta de: cerrado seco, cerrado baixo, campo e mata fria. A extremidade sul do Morro do Cruzeiro é conhecida como Serra da Descoberta que apresenta o modelado ruiniforme alto. Na Serra do Xixá e na Serra da Descoberta encontram-se ainda alguns sítios arqueológicos.

No sopé do Morro do Cruzeiro (cf. mapa 4) está outra planície arenosa, também inundável, onde há dois tipos de afloramento: superfícies lajeadas e baixos interflúvios recobertos por couraça ferruginosa pisolítica. A vegetação local é de cerrado seco e cerrado baixo.

Verificando o perfil CD (Figura 15) de oeste para leste, observa-se a predominância de uma superfície plana com duas baixas elevações que são compostas por couraça ferruginosa; em seguida, uma zona mais elevada em altitude até atingir a crista da Falha do Morro do Cochicho.

A Falha do Morro do Cochicho está em relevo positivo e apresenta crista de falha (cf. mapa 4). Crista é uma linha determinada pelos pontos mais altos, a partir da qual divergem os dois declives das vertentes. Uma resilição posterior ao falhamento deu provavelmente origem a essa crista.

A vertente da crista voltada para leste apresenta uma grande quantidade de blocos desmoronados. O desmoronamento foi causado por mobilização mecânica sob efeito da gravidade de blocos isolados ou em pacotes. Esses desmoronamentos são definidos como elementos intrínsecos ao modelado arredondado ruiniforme (Mainguet, 1972). Já a vertente voltada para oeste apresenta os efeitos de poligonização (ver tópico 4.4.3).

#### 4.2.2 Drenagem

Na área do parque ocorrem nascentes que alimentam os riachos que dão origem aos rios Piracuruca e Matos, pertencentes a sub-bacia do rio Longá.

Uma zona elevada nos arredores da Falha do Morro do Cochicho, é o divisor de águas do Parque. Para leste e norte os cursos de água são afluentes do Rio Piracuruca. Para oeste,

toda a drenagem alimenta o riacho da Brasileira que por sua vez é afluente do Rio Matos (IBDF, 1979).

Na parte oeste, na planície arenosa ao sul/sudoeste da Serra da Descoberta, há uma série de riachos cujo padrão é dendrítico. Essa planície inunda em período de chuva. Existe também outra planície inundável entre a Serra da Descoberta e a Serra do Xixá (cf. mapa 4).

A organização da drenagem intermitente a leste da Falha do Morro do Cochicho é paralela à rede das maiores fraturas, seu fluxo dirige-se para leste e é captado pela **bacia d'água** no ponto 85 do mapa 3. A bacia d'água é uma parede de aproximadamente 3m de altura, côncava, e em forma meia lua, que represa a água vinda como se fosse uma bacia. Todos os riachos intermitentes desse setor deságuam no riacho do Pinga, tributário do Rio Piracuruca.

Implantado, entre outros motivos, para preservar as nascentes perenes de água, segundo informação oral do Sr. Romão (ex-funcionário do IBAMA), o Parque tem 26 olhos d'água. Um deles alimenta a Piscina dos Milagres na área de visitação, ponto 19 (cf. mapa 3), estando o olho d'água próximo da Falha de Sete Cidades.

A água provém do aquífero Cabeças, que se estende ao longo de uma faixa longitudinal no leste do estado. É aquífero de boa permeabilidade, sendo promissor na faixa do artesianismo (Rivas, 1996).

De acordo com Fortes (1996), a existência de olhos d'água no Parque tem ligação direta com as fraturas dos arenitos Cabeças, que atravessam em profundidade as camadas dos arenitos e atingem os níveis com água. Submetida a pressão essa água sobe à superfície, processo denominado de artesianismo.

A água vem migrando das zonas mais elevadas da Serra da Ibiapaba para as partes mais baixas da bacia, nesse caminho atravessa os arenitos Cabeças, porosos e permeáveis. Ela vai retornar à superfície, devido as fraturas e falhas profundas que cortam as camadas rochosas e fazem com que a água suba por pressão (Fortes, 1996).

#### 4.3 MODELADO RUINIFORME

Nos arenitos Cabeças, o modelado ruiniforme foi subdividido em modelado ruiniforme alto (altura igual ou superior a 10m) e modelado ruiniforme baixo (altura inferior a 10m). O critério utilizado para essa divisão foi a amplitude de altura das feições rochosas aflorantes.

O modelado ruiniforme alto está na extremidade sul da Serra Negra; na extremidade oeste da Serra do Xixá; e no sul do Morro do Cruzeiro (área chamada de Serra da Descoberta).

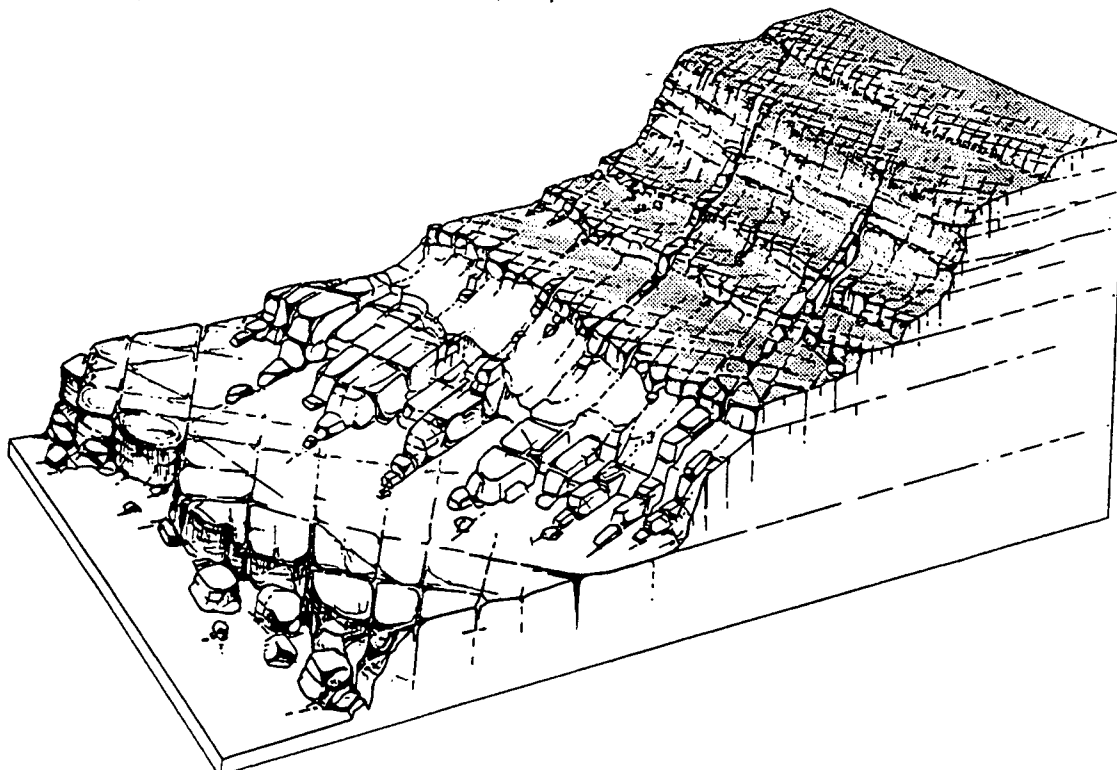


O modelado ruiforme baixo se distribui numa faixa que circunda as margens sul, leste e norte da Serra Negra e nos pontos 10b, 231, 233 (cf. mapa 3 e 4).

De acordo com Guerra e Guerra (1997), as formas ruiformes ocorrem por erosão diferencial. Para Ab'Saber (1977), a topografia ruiforme é feição morfológica encontrada em arenitos diaclasados, dotados de paredes e torres com os mais variados aspectos geométricos. Ocorre no sul, centro-oeste e nordeste do Brasil, estando presente desde o domínio das araucárias até o das caatingas

De acordo com Mainguet (1972), o modelado ruiforme está relacionado às diáclases na borda dos patamares. Esse modelado está vinculado a uma rocha estratificada, fraturada. A disposição, a densidade e o grau de abertura dessas fraturas são dados essenciais nessa paisagem para a explicação desse modelado.

A figura 16 mostra as características de um maciço de arenitos evoluindo para o sistema morfogenético ruiforme arredondado proposto por (Mainguet, 1972). Na direção do topo nota-se que o maciço é escalonado, ou seja, possui patamares, tendo sua comija superior um aspecto arredondado. Observa-se também que a rede de fraturas é cada vez mais larga na direção da base, e os blocos se individualizam nos planos divisionais das fraturas.



Segundo Mainguet (1972): "O tamanho dos blocos individualizados cresce do topo para a base do escarpamento. Na direção da base, a densidade da rede de fraturas decresce mas a espessura dos estratos afetados cresce segundo um gradiente regular que não deve estar relacionado a um espessamento da estratificação do alto para a base da série".

Figura 16: Modelado ruiforme.

O maciço da Serra Negra apresenta patamares sucessivos, degraus menores, marcados pela presença das cornijas, freqüentemente arredondadas. Na sua borda, o sistema de fraturas serviu de caminho para a individualização das várias torres rochosas por processos erosivos (cf. mapa 4; foto 4). Suas características permitem enquadrá-lo dentro do sistema morfogenético arredondado ruiforme.

As várias torres rochosas se devem à densa rede de fraturas conforme pode ser visto na ampliação da fotografia aérea de n.º 10377 (Figura 17). Percebe-se como sistema ou a rede de fraturas tem capital importância na existência desse modelado. Os blocos isolados estão alinhados na mesma orientação das grandes fraturas e se entrecruzam conforme elas vão mudando de direção.

Essa densa rede de fraturas pode ser observada também na Serra do Xixá e na Serra da Descoberta. Foi utilizando os planos divisionais decorrentes das fraturas da rocha que a erosão diferencial, principalmente a erosão causada por águas das chuvas, individualizou torres rochosas.

Para Mainguet (1972), a espessura dos blocos tem relação com a densidade das fraturas, isto é, os blocos mais espessos apresentam conjunto de fraturas de menor densidade e os blocos menos espessos apresentam maior densidade das mesmas. Em Sete Cidades a compartimentação dos patamares estruturais está relacionada à mudança da estratificação plano-paralela para a estratificação cruzada, individualizando inclusive as camadas denominadas de Serra Negra 1 a 4 de Fortes (1996). Estes dois tipos de estratificação referem-se aos dois principais ambientes de deposição, isto é, o fluvial e o estuarino de planície de maré.

Usando também as discontinuidades geradas pela mudança de estratificação plano-paralela para estratificação cruzada, a erosão diferencial pôs em evidência formas que têm possibilitado a correlação com objetos, figuras de animais, muralhas, perfis de rostos humanos (Fotos 5, 6, 7 e 8).

O modelado ruiforme, portanto, individualiza extremidades de maciços em torres isoladas. Essas são isoladas pela ação da erosão diferencial que utiliza os planos divisionais das fraturas como meio facilitador.

O modelado ruiforme desenvolvido no arenito é azonal, com gênese ligada às características litológicas desta rocha. Ele independe do clima, sendo encontrado em diversos tipos de clima: tropicais, temperados e frios (Mainguet, 1972).



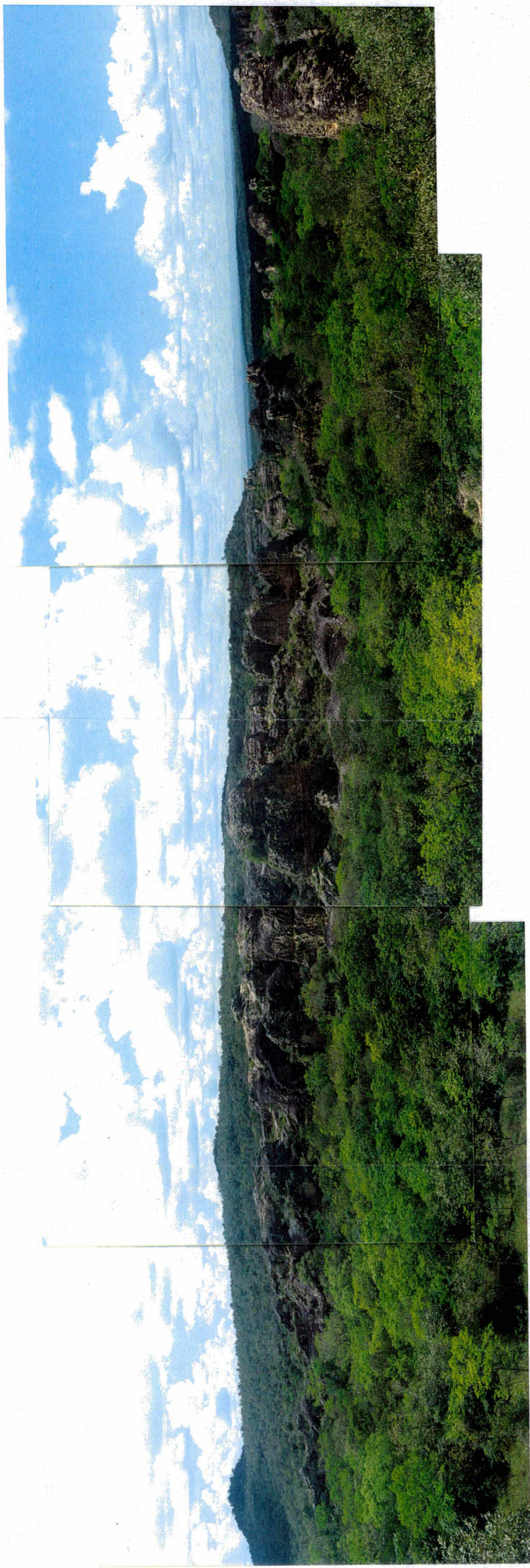
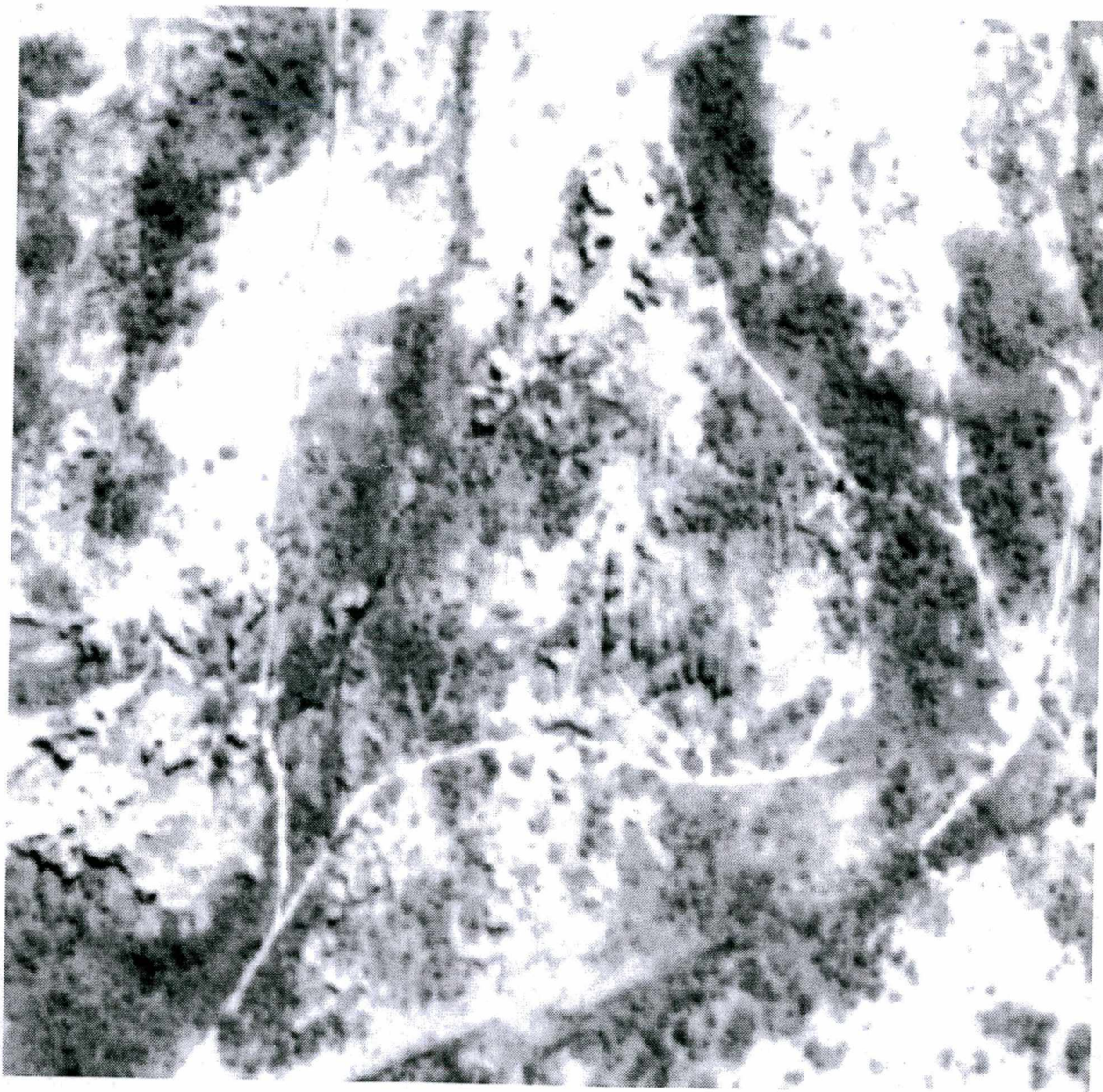


Foto 4: À esquerda, a primeira elevação que se observa é o Morro do Cochicho; seguida do maciço rochoso da Serra Negra; observa-se que a extremidade da Serra Negra foi esculpida em blocos rochosos individualizados, de feições do modelado ruíniforme alto, correspondendo à Segunda Cidade; no fundo, à direita, em primeiro plano a elevação que se destaca é o morro do Bom Gosto que está fora do Parque, no segundo plano os monumentos do modelado ruíniforme alto da Quarta Cidade. Vista Panorâmica de Joël Pellerin, julho de 2001.

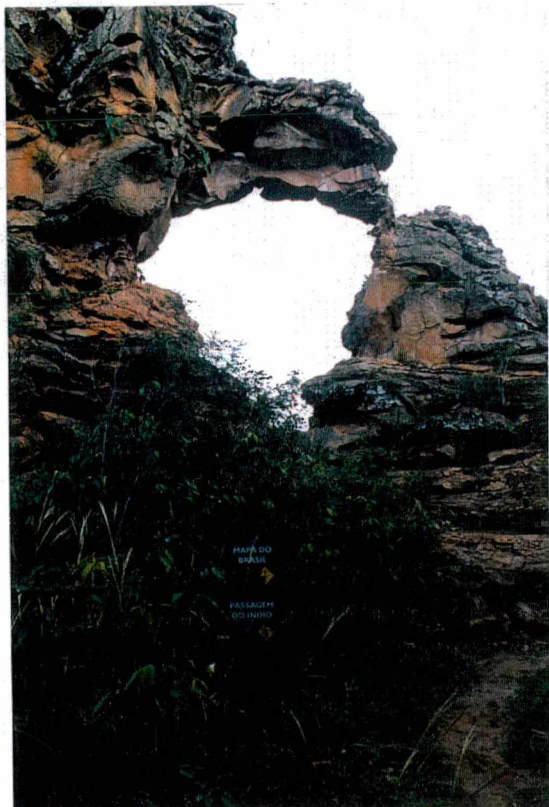




1- Arco do Triunfo. 2- Quinta Cidade. 3- Terceira Cidade.

Figura 17: Ampliação de uma parte da fotografia aérea que cobre a Zona dos Monumentos Geológicos de Sete Cidades, observa-se que os afloramentos rochosos foram isolados seguindo o plano dos fraturamentos N-S, NW-SE, NE-SW.





5



6



7



8

5: Mapa do Brasil, observa-se a estratificação plana-paralela. Foto: Janaina Santos, fevereiro de 2000. 6: Perfil de Dom Pedro I, monólito com aproximadamente 15 m de altura, observa-se no topo efeitos de poligonação. Foto: Joël Pellerin, julho de 2000. 7: Os três reis magos, no centro da foto, uma sequência de três monólito com aproximadamente 10m de altura, observa-se no topo dos afloramentos os efeitos de poligonação. Foto: Janaina Santos, julho de 2000. 8: Pedra do cachorro, nota-se os efeitos de poligonação. Foto: Joël Pellerin, julho de 2000.



#### 4.4 FEIÇÕES RUINIFORMES

As áreas do modelado ruiniforme alto e do modelado ruiniforme baixo que circundam os setores sul, leste, oeste e norte da Serra Negra reúnem, todas as chamadas “Sete Cidades”. Encontram-se também na vertente oeste da Serra do Xixá, na Serra da Descoberta, e no Morro da Capela (cf. mapa 4; cf. foto 1 ).

Nos paredões rochosos pode-se “ler” a história da formação do lugar. Na base da seqüência, a camada de arenito é constituída por sedimentos depositados em canais de planície maré-estuarina com estratificação plano-paralela; em seguida a camada de arenitos depositados em canais fluviais de barras em pontal de estratificação cruzada. As camadas assim se alternam até atingir o topo dos afloramentos, apresentando os planos divisionais das falhas e das fraturas.

Os blocos rochosos têm morfologias próprias do modelado ruiniforme. A existência dessas feições está relacionada a processos erosivos de origem física e química. Esses processos evidenciam as características estruturais da rocha e do fraturamento.

São feições de origem físico-química: os “túneis anastomosados”; os alvéolos e os arcos; e os efeitos de poligonação. As estruturas tubulares de limonita são de origem química, a precipitação do ferro em forma dos anéis de “Liesengang”. Todas as formas refletem a importância do controle estrutural exercido pela estratificação e pelo faturamento.

##### 4.4.1 Túneis anastomosados

Feição muito comum no arenito de Sete Cidades são os “túneis anastomosados” (Fortes, 1996), que são orifícios numerosos em camadas individualizadas na superfície dos paredões rochosos. Estes orifícios se conectam e seu tamanho varia de 1 a 20cm na sua maioria. Eles se alinham lateralmente segundo os planos de camadas.

No ambiente submerso, ou seja, em subsuperfície seguindo os planos de estratificação, seja ela cruzada ou plano-paralela, surgiram pequenos túneis labirínticos nos locais onde o fluxo anisotrópico convergia para as zonas de falhas e se dirigia para as fontes que brotam dessas falhas. Esse fluxo erode a rocha, seja por dissolução parcial dos grãos, seja por abrasão hidráulica (Fortes, 1996).

O fluxo das águas subterrâneas concentra-se ao longo das superfícies de estratificação, onde normalmente acontece retirada de partículas menores da superfície de erosão, tornado-as



um pouco mais permeáveis, criando vênulas, pequenas fissuras na rocha, os pequenos túneis (Fortes, 1996)

O aumento da permeabilidade aliado aos fenômenos de desagregação e ou de dissolução parcial das partículas provocam saída desse material do seu local de origem, alargando as vênulas; o material arenoso tem por escape as fraturas ou as fontes na superfície. As vênulas são alargadas até tomarem a configuração dos túneis anastomosados (foto 9) que foram expostos à superfície quando as águas se retiraram e o arenito ficou exposto (Fortes, 1996).



Foto 9: Túneis anastomosados. Superfície rochosa com várias perfurações e alguns ressaltos na rocha. Foto: Conceição Lage, junho de 2001.

#### 4.4.2 Alvéolos e Arcos

Existe a ascensão capilar das águas subterrâneas ao longo do pacote rochoso, decorrente da exposição à atmosfera e aos períodos de seca e chuva. As águas subterrâneas evaporam na superfície rochosa. O caminho da sua ascensão é facilitado pela presença dos “túneis anastomosados” que também aumentam a área de evaporação, no conceito de Fortes (1996).



A evaporação estaciona ao chegar à faixa rochosa que possui “túneis anastomosados” por onde é liberada a água. Os sais que nela estão dissolvidos vão acumular-se na superfície do afloramento. A presença dos sais enfraquece a resistência da rocha, que se desagrega, liberando os grãos arenosos de quartzo. É o processo conhecido como alveolização.

Fortes (1996) chama esse fenômeno de “erosão alveolar ou salina”. Entretanto o efeito é que se traduz por alvéolos, que são as pequenas superfícies côncavas que estão amiúde nos afloramentos rochosos. Quando os alvéolos isolados ou coalescentes se aprofundam nos afloramentos até atravessar as paredes de um lado a outro, acontecem os arcos, como o *Arco do Triunfo*, na Segunda Cidade (Foto 10), e o *mapa do Brasil* (cf. foto 5).

A “erosão alveolar” também aproveitaria as discordâncias erosivas que marcam a passagem da estratificação plano-paralela para a estratificação cruzada, isto é, dos arenitos de origem de planície de maré-estuarina e daqueles fluviais de barra em pontal, o que se verifica no monumento chamado *Biblioteca* (Foto 11), onde a rocha erodida corresponde à estratificação plano-paralela na base tendo a estratificação cruzada, no topo, formando um amplo arco.



Foto 10: O Arco do Triunfo na Segunda Cidade.  
Foto: Janaina Santos, julho de 2000.





Foto 11: *Biblioteca*, a rocha erodida corresponde à estratificação plano paralela tendo a estratificação cruzada no topo, formando um amplo arco. Foto: Janaina Santos, fevereiro de 2000.

Mainquet (1972) reúne estas formas sob a denominação de pseudo-carste e pelos seus exemplos são fenômenos também azonais. Porém relaciona a sua origem a climas mais úmidos dos que os atuantes na área por ela estudada. E aos níveis de águas subterrâneas do passado. Também concorreriam para a sua formação a presença de argilas caolinítica e feldspatos. As primeiras seriam removidas devido ao seu tamanho e os segundos seriam alterados pela água em fluxo no sistema.

#### 4.4.3 Efeitos de poligonização

Ao entrar pelo portão sul, a primeira visão do modelado ruiniforme em Sete Cidades é a *Tartaruga*. Os turistas se recusam a acreditar que aquele afloramento arredondado de cor cinza escuro, com as laterais recobertas por “escamas” poligonais e pequenas torres no topo seja obra da natureza (Foto 12). O monumento *Tartaruga* é único na zona de visitação. No restante do parque, verifica-se uma fileira delas no ponto 71 (cf. mapa 3), e uma enorme tartaruga na Serra do Xixá.

Para Ab'Saber (1977), em Sete Cidades “a superfície rochosa escamosa tipo ‘casco de tatu’ parecer estar relacionada a um diaclasamento meteórico (?)”.



Para Bigarella et al. (1994), as escamas poligonais no Arenito de Vila Velha, no Paraná, foram geradas durante a deposição; quando a massa rochosa perdeu água, ela sofreu uma ligeira compactação diferencial em padrão poliédrico. O intemperismo evidencia esse padrão sob forma de polígonos. Essa evidenciação se dá pela passagem da água nas diáclases, fissuras e poros da rocha.



Foto 12: Vista geral da *Tartaruga*, monumento da Sexta Cidade, mostrando a poligonação no flanco. Foto: Janaina Santos, fevereiro de 2000.

Para Mainguet (1972), a poligonação ou “*crocodilage*” é causada pela ação da desagregação granular, seguindo os planos de fratura existentes no arenito. A ação da desagregação granular evidencia, na rocha, o padrão poligonal do arranjo das fraturas. É fenômeno muito freqüente no arenito; sua aparência é semelhante a das gretas de contração.

A poligonação em Sete Cidades ocorre, segundo Fortes (1996), nos depósitos de barra em pontal constituído de areia fina a média e de estratificação cruzada. A poligonação da parte lateral da *Tartaruga* está presente na maior parte dos afloramentos rochosos do Parque Nacional, como também as pequenas torres no topo.

A fotografia 13 mostra que a superfície é composta de polígonos justapostos uns aos outros; em geral os polígonos possuem 4, 5 e 6 lados, sendo o polígono de 5 lados o mais freqüente.



É nas feições poligonais que se reforça a importância das fraturas presentes no arenito, fraturas ou juntas, ou ainda diáclases. Segundo Billings (1954), a fratura é um plano ou uma superfície divisional que divide a rocha e ao longo do qual não se percebe deslocamento; se houve, ele não é visível. Fraturas podem medir alguns metros ou dezenas deles e nunca aparecem isoladas, sempre associadas umas às outras.



Foto 13: Polígonos de 3, 4, 5 ou 6 lados na superfície rochosa da *Tartaruga*. Foto: Janaina Santos, julho de 2000.

Quando ocorreu a lenta saída das águas que recobriam o grande pacote rochoso de arenito, a rocha foi perdendo a sua condição úmida. Essa desidratação provoca o aparecimento de fraturas que obedecem a vários padrões. Segundo Lockzy e Ladeira (1980) as fraturas podem ser longitudinais a um corpo rochoso, podem transversais de direção grosseiramente perpendicular ao mesmo e diagonais.

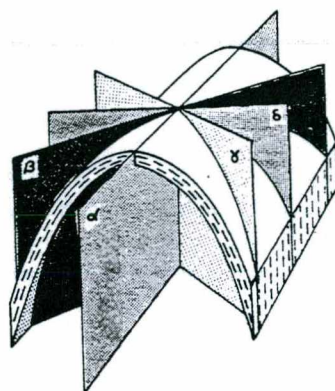


Figura 18: relação das fraturas com o eixo diagonal de um corpo rochoso ( $\alpha$ ) fraturas longitudinais, ( $\beta$ ) e ( $\gamma$ ) fraturas diagonais, ( $\delta$ ) fraturas transversais adaptado de Lockzy e Ladeira (1980).

Para surgir a poligonização pode ser acrescida, à disposição das fraturas, a idéia do aglomerado das bolhas de sabão do físico Plateau (sd, citado por Fortes, 1996), que é a seguinte: para unir três pontos do espaço a um outro ponto que fica entre eles com a menor extensão de linha possível, o arranjo que deve ser feito é a junção dos três pontos com linhas obedecendo a um ângulo de  $120^\circ$ , o que ocorre normalmente em meio isotrópico.

Se houver acréscimo de um quarto ponto ao plano dos três pontos ligados iniciais, o arranjo para uni-los ainda será o de linhas fazendo  $120^\circ$ , surgindo duas junções tríplexes (Figura 19). É um exercício de matemática aliado ao princípio físico da minimização de áreas para menor uso de energia, que pode ser observado na disposição dos favos de uma colméia, na junção das bolhas de sabão. Pode ser observado também nas feições poligonais da *Tartaruga* e em outros afloramentos rochosos.

As fraturas na cúpula da *Tartaruga*, podem dispor-se longitudinal, transversal e diagonalmente obedecendo ao eixo da cúpula, e as linhas vão se encontrar nesse espaço, obedecendo ao padrão da bolha de sabão.

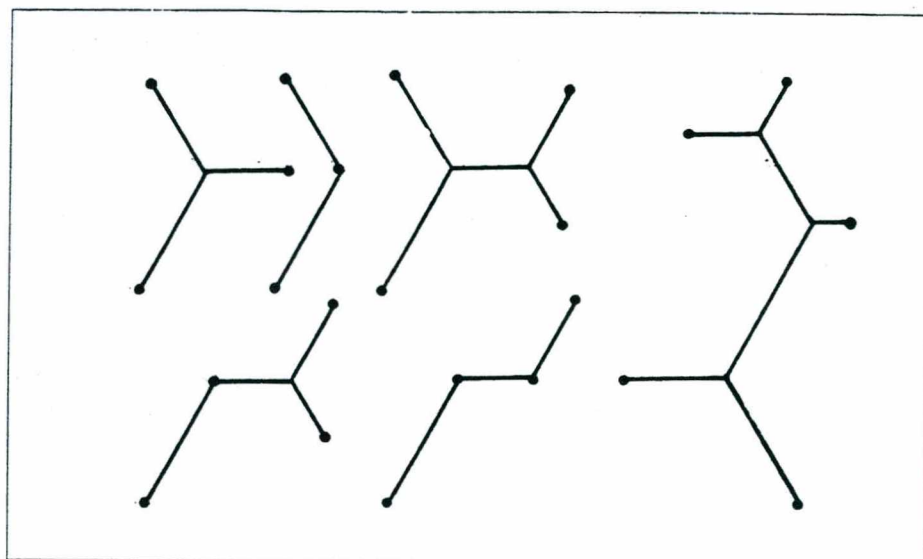


Figura 19:  
Junções  
tríplices.  
Fonte:  
Fortes  
(1996).



Pela disposição das fraturas no padrão bolha de sabão esse sistema foi erodido pela ação da água da chuva que percorreu os caminhos traçados por essa junção, dando realce ao imbricado arranjo espacial.

As fraturas, nunca aparecem sozinhas e podem ter de poucos ou vários metros de extensão, comumente associadas paralelamente umas às outras (Billings, 1954).

Esse cenário de fraturas paralelas se reproduz no ponto 71 (cf. mapa 3), onde se observa uma sequência de várias tartarugas enfileiradas orientadas para o flanco norte da Serra Negra. O fraturamento numa escala maior em parceria com a erosão individualizou várias cúpulas de tartaruga, cada qual com o imbricado jogo das poligonações.

A poligonação é encontrada na maior parte das superfícies rochosas de Sete Cidades, sejam elas planas, curvas, horizontais, verticais ou oblíquas.

Nesse caso, a poligonação é a simples junção do encontro dos planos de fraturas com os planos da estratificação plano-paralela, criando polígonos retangulares ou quadrados nas paredes da maior parte dos afloramentos de Sete Cidades. Dentro desses polígonos, em alguns locais observam-se pequenas zonas ressaltadas como pode ser visto na fotografia 14.



Foto 14: Polígonos de 4 a 5 lados resultantes da junção das fraturas com a estratificação, presentes na maior parte dos afloramentos rochosos de Sete Cidades. Foto: Janaina Santos, julho de 2000.

A poligonação da parte lateral da *Tartaruga* e as demais poligonações em paredes verticais são formas que evidenciam os planos de estratificação e das fraturas. O sistema imbricado obedecendo ao ângulo de  $120^\circ$  e o simples cruzamento da estratificação com as



fraturas foram os caminhos usados pelo escoamento superficial para escavar e ressaltar os polígonos.

Existe um elemento natural muito importante para a conservação desses polígonos na superfície rochosa, os líquens. Fortes (1996) observou que os locais que perdem essa cobertura são destruídos mais rapidamente.

As manchas de líquens aparecem nos arenitos de Sete Cidades em vários tons de cinza e de verde. O aspecto pode variar: esfarelado, película aderente ou pequenas folhas. A trama dos líquens engloba os grãos de areia penetrando de 1 a 2 mm nos poros do arenito, “segurando” as feições, impedindo a sua destruição (Fortes, 1996).

Outra morfologia está presente na *Tartaruga* e nos demais afloramentos rochosos: no topo está o que Fortes (1996) nomeou de “formas de topo da *Tartaruga*”, ou “pináculos”, que surgem à medida que se aproxima do topo dos afloramentos; alguns são muito parecidos como as formas de dissolução muito comuns no calcário, os lapiás. A superfície da rocha apresenta pequenos ressaltos ondulados, retorcidos, podendo ser contínuos ou em pequenas elevações isoladas e retorcidas, tal qual um lapiás no calcário.

Os polígonos do topo estão fragmentados em pequenas torres, de cerca 8 cm de altura e entre e dentro dessas torres existem depressões. Essas torres são individualizadas pela ação da água (Foto 15).



Foto 15: Pináculos presentes na *Tartaruga*: pequenas torres isoladas e o padrão poligonal do arenito. Foto: Janaina Santos, julho de 2001.



Os “pináculos” são formados pela ação da água de chuva. As gotas formam uma lâmina de água que flui seguindo as irregularidades da superfície, carregando os grãos de areia que retiram do arenito. Os polígonos se alargam e surgem as depressões irregulares. Os líquens se implantam de maneira irregular devido ao regime de escoamento de água que forma um fluxo caótico. Esse crescimento irregular dos líquens, forma superfícies inclinadas menos agredidas pelos impactos e fluxos caóticos, originando as diferenças erosivas que se acentuam. Como são superfícies inclinadas protegidas por uma camada de líquens, são mais resistentes ao trabalho erosivo, elas vão se individualizando como pequenas paredes em forma de torres onde o impacto da chuva é minimizado; entre elas estão as depressões (Fortes, 1996).

#### 4.4.4 “Canhões”

Os “canhões” estão situados na Primeira Cidade, no sopé nordeste da Serra Negra, dando a impressão de que se está diante de restos de velhos e retorcidos canhões. Trata-se de mais uma das configurações do arenito que constitui os afloramentos de Sete Cidades.

Nessa feição se verifica, na rocha, uma mudança na granulometria, uma gradação granocrescente em direção ao topo de: areia fina quartzosa bem selecionada, areia grossa subarrendondada mal selecionada e conglomerado fino; de entremeio nessa seqüência de areias estão as folhas de limonita, cuja espessura varia de 2,5cm a 3cm.

No levantamento de campo realizado para essa pesquisa foi observada a mesma ferrificação, isto é, o arenito envolto pelas folhas de limonita, nos pontos, 18, 58, 70, 76, 181 a, 190, 192, 198, 225, 238, 239 (cf. mapa 3).

A gênese dos “canhões” pode ser explicada por um fenômeno conhecido e estudado na Geoquímica como Anéis de “Liesegang”. Esses anéis resultam de uma “reação química de oxirredução entre dois sais, cujo produto, ao precipitar se deposita em forma de anéis” (Gornitz, 1972). É um fenômeno secundário, posterior à deposição dos sedimentos.

A melhor explicação para o fenômeno está relacionada a “uma interface muito reativa entre o sistema sólido e o sistema líquido. A fase dispersa do sistema pode ser formada *in situ*, como as argilas coloidais ou sílica gel na natureza. A fase dispersa absorve os cátions; os ânions, já em solução reagem com os cátions e dessa reação se forma um precipitado em bandeamento concêntrico” (Gornitz, 1972).

Quando a solução está no limite da reatividade das suas substâncias o gel em suas redondezas perde os íons encaminhando para uma outra zona rica em eletrólise (Gornitz, 1972).

Carl e Amstutz (1958, citados por Gornitz, 1972), produziram anéis de "Liesengang" com nitrato de prata e dicromato de potássio numa gelatina cimentada de areia. O anel sempre fica no limite do grão ou se desvia ao longo dele. Eles sugerem que os anéis de "Liesengang" de limonita são formados dessa maneira em rocha natural.

O ferro da limonita dos canhões de Sete Cidades em parte tem origem nos oolitos piritosos do topo da Formação Pimenteiras (Daemon e Andrade, 1974), e nos nódulos de pirita da parte inferior da Formação Cabeças (Fortes, 1996).

A pirita é um simples mineral, resultante da redução do FeS em FeS<sub>2</sub> por ação bacteriana. Em água do mar, essa redução ocorre durante a diagênese, segundo Berner (sd, citado por Pettijohn, Potter & Sielver, 1973). Se a pirita não é detrito no arenito, é evidência de meios redutores (Pettijohn, Potter & Sielver, 1973).

Quando ocorreu o processo de sedimentação do arenito da Formação Cabeças, os sedimentos se depositaram em meio aquoso, submerso no mar do Devoniano. Na base dessa deposição a competência do canal era maior, haja vista a mudança na granulometria do material, que trazia, além da areia fina, areia grossa até atingir um conglomerado fino (Fortes, 1996).

Essa granulometria grossa torna o meio mais poroso e permeável. Um imenso pacote de arenito submerso, ou seja, um meio fluido, que absorve e torna propícia a reação de oxirredução entre os íons de Fe e de O<sub>2</sub>. A reação ocorre, e o produto em forma de precipitado é o anel de "Liesengang", em forma de bandejamento concêntrico.

É um pacote individualizado no arenito de Sete Cidades que só ocorre aliado a uma estratificação cruzada acanalada e à existência de níveis com ferro proveniente da pirita. Nesse pacote rochoso o arenito apresenta a granulometria grossa e um conglomerado fino. É o pacote que constitui base da Serra Negra.

Segundo Fortes (1996), quando ocorreu a precipitação dos anéis de "Liesengang", o pacote de arenito estava entre 200 e 300 m de profundidade. Essa constatação foi feita tomando por base a referência topográfica do topo da Formação Cabeças nas redondezas de Sete Cidades. Hoje ele aflora como parte do bloco Serra Negra que foi soerguido pela Falha de Sete Cidades e suas formas foram reveladas pela ação do reentalhe de drenagem.

A reação química responsável pela precipitação dos anéis deu-se num ambiente deposicional de estratificação cruzada acanalada, adquirindo a forma de cunha, em bandas curvas, impostas por essa estratificação (Foto 16). Alguns fraturamentos cortaram os anéis, como pode ser verificado na fotografia 17. Os anéis podem ser encontrados em bandejamento concêntrico, o que pode ser observado nas fotografias 18 e 19.





Foto 16: Área dos "canhões", as folhas de limonita acompanham a disposição da estratificação cruzada.  
Foto: Janaina Santos, julho de 2000.



Foto 17:  
"Canhões", anel  
de "Liesengang"  
cortado por  
fratura. Foto:  
Janaina Santos,  
julho de 2000.





Foto 18: "Canhões", bandeamento em anéis concêntricos. Foto: Joël Pellerin, julho de 2000.



Foto 19: "Canhões", bandeamento em anéis concêntricos. Foto: Joël Pellerin, julho de 2000.



## 4.5 LAJEADO

Depois dos afloramentos maciços, ou esculpidos em modelado ruiforme alto e baixo, o lajeado em amplitude do relevo é o último estágio do aparecimento dos afloramentos do arenito em Sete Cidades.

Lajeados são “afloramentos de rocha sã na superfície do solo, constituindo uma área de superfície variável” (Guerra e Guerra, 1997). São pavimentações contínuas de arenito composto por areia fina quartzosa, bem selecionada, de cor branca ou amarelada. Os lajeados apresentam na superfície muitas escamações e pequenas marmitas.

Eles são encontrados na planície inundável, que está no sopé da Serra da Descoberta. A maior parte deles, nessa planície, tem por função serem os leitos dos pequenos riachos intermitentes de padrão dendrítico. São encontrados também na zona de modelado ruiforme baixo que circunda a Serra Negra, em campo verifica-se que essa zona é pontilhada de lajeados, embora sejam pequenos demais para a representação na escala deste trabalho; em parte do leito do riacho da Brasileira, no centro do Parque; e em zonas pontuais no restante do Parque (cf. mapa 4).

## 4.6 FORMAÇÕES ARENOSAS

Um dos elementos constituintes das formações superficiais em Sete Cidades são as formações arenosas. Elas são o registro do desgaste da rocha matriz por intemperismo e erosão, e do trabalho dos rios. São constituídas basicamente por material de tamanho areia, apresentando áreas inundáveis e áreas com hidromorfia (cf. mapa 4).

As formações arenosas são areias quartzosas e estão relacionadas a sedimentos arenosos de cobertura e a alteração da rocha arenítica. Têm como cobertura vegetal o cerrado seco, o cerrado baixo, os campos cerrado e a mata fria.

Para reconhecer as características constituintes das formações arenosas de Sete Cidades, como: cor, textura e estrutura, foi realizada uma série de tradagens (cf. anexo 1; cf. anexo 2). Algumas amostras de solo foram recolhidas e submetidas a análise granulométrica em laboratório (Tabela 4).

Tradagens/profundidade (cm)	Seixos (%)	Grânulos(%)	Areia (%)	Areia Fina (%)
87/100			4,42	95,58
87/200			96,14	3,86
100/15			5,37	94,63
100/100	12,74	11,89	6,84	68,53
105/100			1,63	98,36
105/210		1,52	2,10	96,38
106/40		2,08	2,06	95,86
107/40		0,72	1,82	97,46
107/160		2,23	2,47	94,77
108/200			3,69	96,31
108/265	18,57	34,27	18,73	28,40
109/100	49,66	13,73	12,12	24,49
129/200		3,79	1,66	94,55
134/170	44,08	3,39	1,41	51,12
154/320			2,42	97,58
200/100		0,48	2,46	97,06
226/100			1,39	98,61
229/250		2,71	5,19	92,04
254/100		0,72	17,21	82,07
254/200			13,56	86,44
254/320		0,64	11,72	87,64
258/250			3,70	96,30
259/100			6,49	93,51

Tabela 4: Distribuição das frações granulométricas de amostras das formações arenosas recolhidas em Sete Cidades.

A granulometria revelou que o tamanho dominante é a areia fina, constituindo mais de 60% da maioria das amostras – com exceção das amostras 87/200, 108/265, 134/170 e 109/100. Em segundo lugar vem o tamanho areia.

Os grânulos e seixos aparecem sistematicamente quando a tradagem se aproxima da rocha matriz. Eles são constituídos por dois materiais distintos: a) pisólitos ferruginosos indicando a possível existência de um nível de couraça ferruginosa em subsuperfície ou; b) pequenos fragmentos de rocha arenítica alterada.

Sistematicamente foram detectadas nas tradagens manchas amarelas, avermelhadas e rosadas que ou representam o fenômeno da hidromorfia (como será explicado mais adiante) ou são resultantes de avançado estágio de alteração da rocha matriz.

Em relação à cor, o material arenoso se apresentou: branco (2,5Y 8/1); cinza (10YR 4/1 a 5/1, 2,5Y entre 7/1 e 7/2); ou amarelo (10YR 6/8 a 6/6, 10YR 8/8, 7,5YR 6/6).

As areias brancas e cinzas estão relacionadas às planícies aluviais de planície de inundação e à presença de hidromorfia, estando portanto nas áreas ao longo dos canais de



drenagem e nas áreas sujeitas a inundação. Na zona de pavimentos de blocos a areia é de cor cinza (cf. mapa 4).

A areia amarela fica, grosso modo, distribuída no restante do Parque (cf. mapa 4). Por restrição de tempo e posteriormente de instrumental (fotos aéreas e imagem de satélite), não foi possível realizar zoneamento mais detalhado da distribuição dessas cores.

Os solos de Sete Cidades são pouco profundos, embora, em alguns casos específicos, ultrapassem 320 cm, caso em que as tradagens foram abandonadas por falta de extensões de trado. Nas zonas inundáveis, há presença de água livre já a 50cm de profundidade (em média), impossibilitando a noção precisa da espessura das formações arenosas

A espessura das formações arenosas não é homogênea, verificando-se as maiores na porção sul do parque onde atingem profundidades em torno de 320cm, como é o caso dos pontos 257, 258, 258 e 260. Nas planícies de inundação localizadas nas Serras da Descoberta e do Xixá, a profundidade raramente ultrapassa 120cm (cf. mapa 3 e 4; anexo 1e 2).

Os elementos da pedogênese conseguiram produzir um perfil de solo homogêneo e sem nenhuma estrutura pedológica, o que é normal em areias quartzosas. São vastas áreas de alteração da rocha *in situ*, ou áreas de acumulação dos materiais aluviais trazidos por cursos de água, no caso das planícies inundáveis.

A tabela 5 traz as amostras que apresentam as os grãos em tamanho silte e argila nas tradagens 108, 109, 176(a), 176(b) 189, 226 e 229 . A predominância é do tamanho silto-arenoso.

Tradagem/Profundida de (cm)	Grânulos (%)	Areia (%)	Areia Fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação
108/150		1,39	64,61	6,00	28,00	Areno-argiloso
109/110		2,90	20,10	68,00	9,00	Silto-arenoso
176(a)/0-30		0,61	37,39	39,00	23,00	Silto-arenoso
176(a)/40		0,25	38,74	56,00	5,00	Silto-arenoso
176(a)/100	2,75	1,70	36,55	46,00	13,00	Silto-arenoso
176(a)/120	0,18	0,98	27,84	53,00	18,00	Silto-arenoso
176(a)/130-140		0,37	21,63	27,00	51,00	Argilo-siltoso
176(a)/140		0,70	21,30	48,00	30,00	Silto-argiloso
176(b)/170		0,52	22,48	24,00	53,00	Argilo-siltoso
176(b)/180	1,47	1,73	25,80	43,00	28,00	Silto-argilo-arenoso
189/50	3,76	2,72	46,52	41,00	6,00	Areno-siltoso
189/150	4,53	4,95	33,52	47,00	10,00	Silto-arenoso
226/70	0,33	0,93	66,74	20,00	12,00	Areno-siltoso
226/150	1,78	1,68	61,54	27,00	8,00	Areno-siltoso
229/120		1,80	55,20	36,00	7,00	Areno-siltoso
229/320		1,70	50,30	44,00	4,00	Areno-siltoso

Tabela 5: Granulometria das amostras das formações arenosas que apresentaram também os grãos nos tamanhos silte e argila.



#### 4.7 COURAÇA FERRUGINOSA

As couraças podem formar-se em diversos tipos de rochas. O arenito, por ser de natureza quartzosa, permite a formação de couraças ferruginosas; os óxidos de Fe podem depositar-se ao redor dos grãos de quartzo ou crescer como concreções (Bigarella et al., 1994).

Os afloramentos de couraça ferruginosa em Sete Cidades são encontrados em concentrações zonais espalhadas por toda a extensão do Parque. A noroeste são encontradas duas superfícies nas zonas das falhas da Serra da Cancela Velha e do Morro do Cochicho. Ao longo da zona da Falha do Morro do Cochicho encontram-se mais quatro. São encontradas também duas na zona da Falha da Serra da Descoberta (cf. mapa 4; cf. figura 15). No restante do Parque, concentrações de couraças ferruginosas foram verificadas na planície de inundação da Serra da Descoberta e em manchas isoladas na porção sul do Parque (cf. mapa 4).

Foram identificadas em Sete Cidades a presença de dois tipos de couraça ferruginosa, que foram denominadas de couraça ferruginosa 1 e couraça ferruginosa 2.

A couraça ferruginosa 1 está em nível topográfico mais elevado, localizado no nordeste do Parque. É a superfície que se inicia no ponto 141a e se estende até o ponto 142 (cf. mapa 3 e 4). Foi prospectada a pé, verificando-se por fotointerpretação que a outra superfície, após o pequeno riacho, também é formada pelo mesmo tipo de couraça ferruginosa.

O espaço percorrido entre o ponto 141a e o 141b é chamado de Morro do Brejo Velho, que é atravessado por dois falhamentos: a Falha da Serra da Cancela Velha e a Falha do Morro do Cochicho. Da sua base até o topo, tem cerca de 300m. O caminho percorrido, assim como o próprio morro, é formado quase que totalmente por grandes blocos de couraça ferruginosa, sendo raros e pequenos os blocos de arenito.

O diâmetro dos grandes blocos de couraça ferruginosa facilmente ultrapassa o metro. A superfície tem vários metros de espessura e é formada por esses blocos de couraça ferruginosa coesamente cimentados, de cor vermelha escura.

Nesse setor do Parque, verifica-se a existência do Morro do Brejo Velho, o riacho e outro morro. Os morros são formados por grandes blocos de couraça ferruginosa. É área muito acidentada, fato verificado *in situ* até o ponto 142 (cf. mapa 3 e 4), é recoberta por densa vegetação de cerrado seco, cerrado baixo e mata fria, e mata ciliar ao longo do curso de água.

Outra zona de grandes blocos de couraça ferruginosa, de extensão restrita, foi alvo de prospeção no ponto 202 (cf. mapa 3 e 4); relacionada a Falha do Morro do Cochicho. Ainda correlacionado à Falha do Morro do Cochicho, verificam-se mais três locais de ocorrência de



couraça ferruginosa, dos quais só o último foi prospectado, revelando a presença de pisólitos ferruginosos.

A presença de cobertura generalizada de couraça ferruginosa de grandes blocos repete-se fora dos limites do Parque, a sudoeste do mesmo.

Os afloramentos de couraça ferruginosa 2 constituem a outra superfície de aplainamento. Eles estão em topografia plana, suavemente ondulada, na superfície das formações arenosas. São algumas áreas de afloramentos compostos por pisólitos ferruginosos, decorrentes de redistribuição recente (atual) de ferro no solo.

Os afloramentos da couraça ferruginosa 2 são em forma de pisólitos, ou de pequenos blocos, cujo diâmetro não ultrapassa 50cm. Esses fragmentos pouco maiores foram encontrados ocupando um espaço mais significativo em superfície, nos pontos 68, 223, 228 e 261 (cf. mapa 3 e 4; foto 20).

Há uma relação entre a vegetação e os baixos interflúvios recobertos por couraça ferruginosa pisolítica na planície inundável da Serra da Descoberta (cf. mapa 4). A couraça ferruginosa 2 sempre marca limite de cobertura vegetal. Enquanto as formações arenosa em topografia plana estão recobertas por vegetação de cerrado baixo, a couraça ferruginosa 2, em zonas suavemente elevadas constituindo baixos interflúvios, possibilita a presença de arbustos e árvores do cerrado seco. O local de sua ocorrência, mesmo sob chuva torrencial, não sofre alagamento, fato verificado *in situ*.

Na porção sul do Parque, duas pequenas zonas de couraça ferruginosa foram identificadas por fotointerpretação. São as que estão a norte e sul do ponto 257 (cf. mapa 4). É necessário realizar uma prospecção para saber se ela é composta pela couraça ferruginosa 1 ou pela couraça ferruginosa 2.

Todas as tradagens realizadas na porção sul (cf. mapa 3 e 4), revelam que abaixo da cobertura de solo arenoso existe uma camada de pisólitos ferruginosos. Trabalho mais detalhado de tradagens ou mesmo de abertura de algumas trincheiras poderia relevar uma terceira superfície de pisólitos ferruginosos dentro do perfil do solo, provavelmente presente em todo o sul de Sete Cidades.

De maneira bastante preliminar, os afloramentos de couraça 1 podem ser chamados de "couraça de fonte" e os afloramentos de couraça 2 de "couraça de ressurgência de manto" de alteração, segundo a classificação de Mainguet (1972).





Foto 20 : Pisólitos e pequenos blocos de couraça ferruginosa. Foto: Joël Pellerin, julho de 2000.

#### 4.8 HIDROMORFIA E ZONAS INUNDÁVEIS

E, para finalizar a descrição da legenda do mapa geomorfológico, apresentam-se aqui os dois últimos elementos que compõem o quadro geomorfológico de Sete Cidades: o fenômeno da hidromorfia que é encontrado preferencialmente ao longo dos cursos d'água e correspondendo aos pontos de tradagem que se encontram no anexo 2, e as duas planícies inundáveis (cf. mapa 4).

Para melhor espacialização da hidromorfia dentro do Parque (cf. mapa 4) recorreu-se à composição colorida das bandas 3, 5, 4 da imagem TMLANDSAT de 1998 (cf. figura 1), pois a resposta espectral de maior concentração vegetal de mata ciliar, ao longo das margens dos rios, diferencia de forma nítida a mudança do solo. Essa diferenciação da resposta espectral foi confirmada com as tradagens realizadas.

A hidromorfia é encontrada nas margens dos canais de drenagem, em áreas mal drenadas e sujeitas a inundações. A hidromorfia se expressa frequentemente pela presença de manchas amarelas nas areias cinzas-claras cobertas com matéria orgânica úmida porém sem grande alteração. Nesses lugares o lençol freático está muito próximo à superfície, em média a 50 cm de profundidade.



Estes solos estão relacionados ao regime de drenagem, ou seja, ora apresentam-se secos, ora inundados.

Em Sete Cidades pode-se observar, nos solos hidromórficos, dois tipos de perfis distintos. Em um deles, verifica-se na camada superior a presença de material de textura arenosa fina com matéria orgânica de cor 10 YR 2/2 (marrom preta escura), 2,5 Y 2/0 (preta); a espessura dessa camada vai de 35 a 150cm; na intermediária, material de textura arenosa fina de cor branca ou cinza completamente saturado; na direção da rocha matriz, que é a última camada, existem manchas amarelas de hidromorfia (cf. anexo 2).

No outro tipo de perfil, observa-se material de textura arenosa fina, de espessura variando entre 100 e 270cm de cor cinza ou branca, e conforme vai aprofundado-se a tradagem começam a aparecer manchas de hidromorfia que geralmente são amarelas; constata-se também, eventualmente, a presença de pisólitos ferruginosos até atingir a rocha matriz (cf. anexo 2).

Podem ser associadas às zonas de hidromorfia as duas áreas de inundação, observadas em campo durante episódios de chuva. Estas duas áreas de inundação estão localizadas: uma entre a Serra da Descoberta e a Serra do Xixá e outra no sopé do Morro do Cruzeiro (cf. mapa 4).

São duas áreas planas de areias brancas e cinza de origem aluvial. A espessura da cobertura arenosa varia de 15cm até 200cm. Algumas tradagens foram abandonadas pela presença de água livre.

As planícies arenosas têm como cobertura vegetal o cerrado seco, o cerrado baixo e a mata ciliar. Elas ficam completamente saturadas durante as chuvas que alimentam a rede de drenagem de padrão dendrítico, orientado para oeste e intermitente (o riacho dos Cambitos não é intermitente); ou, devido a má drenagem do local, forma poças na superfície: de água proveniente da chuva ou pela água oriunda da ascensão do lençol freático, o que pode ocorrer, pois algumas tradagens foram abandonadas a 50 cm de profundidade, devido a essa presença.

Pontualmente, quatro tradagens se destacam nessa zona de hidromorfia: de números 108, 109, 176(a) e 176(b) (cf. mapa 3 e 4). No fundo do vale do riacho Bacuri, as tradagens 108 e 109 foram realizadas à distância de 150m uma da outra. O material encontrado nessas tradagens revela a presença de turfa.

A matéria orgânica é encontrada até 180cm na 108 e até 150cm na 109, tomado o material arenoso preto; a argila e silte são encontradas na 108/150 e na 109/110. Abaixo de 180cm e 150 cm o material clareia, revelando até o fim das tradagens textura arenosa de cor branca. O material está saturado em todo o perfil. A tradagem 108 com 265cm de profundidade

apresentou em 235cm a turfa; na segunda tradagem a profundidade foi de 240cm e em 110cm se encontra a turfa.

O ponto 176 está na margem da Lagoa Seca, depressão no terreno de aproximadamente 70 metros de diâmetro, com acúmulo de água. Desse local era retirado barro matéria-prima da olaria (fabricação de tijolos).

As duas tradagens realizadas no ponto 176 revelaram material muito compactado e representa o único local levantado em que no perfil do solo não predominam as frações areia e areia fina. Trata-se de perfil de solo silto-arenoso, e nele se encontra também a maior quantidade de argila. Uma amostra argilo-siltosa em 176(a)/ 130-140 e em 176(b)/170 (Tabela 5).



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da execução deste trabalho residiu, principalmente, no mapeamento geomorfológico em escala de detalhe realizado no Piauí, estado carente de estudos dessa natureza.

O mapeamento geomorfológico atende às atividades do plano de manejo de Sete Cidades quando ele se refere ao programa de manejo do meio ambiente que declara a necessidade de investigações sobre a geologia, e a necessidade de atualização do próprio plano de manejo.

Como base cartográfica, foram elaborados os primeiros mapas do Parque tidos como confiáveis, pois a base cartográfica disponível não possui um dos principais elementos de um mapa, as coordenadas geográficas, que segundo Joly (1990) tem por função localizar a posição absoluta e as suas relações em distâncias e direções e permitir uma visão global, localizada e mensurável dos fenômenos cartografados.

A elaboração dos mapas contou com o auxílio do GPS, cuja utilização foi fundamental porque permitiu a plotagem das coordenadas geográficas dos marcos de limite do Parque, tomando os mapas desta dissertação os primeiros com georreferenciamento aproximado de Sete Cidades. É aproximado, pois o GPS usado tem margem de erro de 15m. Para a localização cartográfica precisa, seria necessário um trabalho de topografia utilizando marcos geodésicos e Estação Total.

O estudo geomorfológico realizado no Parque Nacional de Sete Cidades (cf. mapa 4) permite afirmar que a evolução do modelado ruiniforme está diretamente ligada à litologia, à rocha arenítica, e aos elementos da estrutura geológica, as falhas e as fraturas.

Os falhamentos em Sete Cidades estabeleceram o arranjo do pacote rochoso. A Falha de Sete Cidades, por exemplo, foi a responsável pelo soerguimento da Serra Negra cuja extremidade está esculturada em modelado ruiniforme.

Outro dado essencial nessa paisagem reside nas fraturas (cf. mapa 4). Como são planos ou superfícies divisionais, sua existência cria rupturas que facilitam a ação de processos erosivos. Os agentes erosivos utilizaram as fraturas para realizar o seu trabalho de desgaste da rocha. Surgem paredões ou torres isoladas, que estão orientadas segundo a orientação das fraturas.

Os dados levantados permitem afirmar que os aspectos ruiniformes, -motivos das lendas sobre o Parque-, são uma característica inerente ao arenito, que é rocha estratificada e fraturada.

É a estrutura dessa rocha sedimentar aliada às falhas e fraturas que torna possível a existência desse modelado. É um modelado azonal: ocorre em qualquer tipo de clima, pois sua existência está ligada às características intrínsecas ao arenito.

Nesses paredões também se percebe o controle estrutural nas micromorfologias existentes. Os efeitos de poligonação resultam do arranjo de fraturas. Os arcos e alvéolos surgem devido à ação erosiva nas discontinuidades existentes na passagem da estratificação plano-paralela para a estratificação cruzada. A configuração em anéis de "Liesengang" dos "canhões" em alguns casos acompanha a estratificação cruzada, e outras vezes é cortado por fraturas. A área dos "canhões" constitui nível topográfico individualizado: o arenito com níveis de pirita, na base da Serra Negra.

A rede de drenagem do Parque obedece também à existência das falhas e das fraturas. Uma zona elevada em altitude, nos arredores da Falha do Morro do Cochicho, é o divisor de águas do Parque. Para leste e norte os cursos d'água são afluentes do Rio Piracuruca, e dentro do Parque eles são paralelos as fraturas maiores. Para oeste, toda a drenagem alimenta o riacho da Brasileira (cf. mapa 4).

As várias nascentes existentes são de artesianismo, ou seja, a água é submetida a uma pressão (causada pelas fraturas existentes na rocha) e sobe à superfície.

Todos os solos e os afloramentos não são testemunho de uma evolução geomorfológica muito antiga: os solos são areias quartzosas absolutamente soltas, com fraca estrutura ou desenvolvimento pedológico, e os litossolos. Elas parecem testemunhar que a zona elevada do parque é objeto de erosão, processo esse que evidencia os aspectos estruturais do substrato geológico.

O único elemento que poderia permitir um esboço a respeito da evolução geomorfológica mais antiga em Sete Cidades seria a presença de dois níveis de couraça ferruginosa.

Na literatura mais antiga, as couraças ferruginosas são ligadas, em geral, a superfícies de aplainamento. Desta forma tem-se duas superfícies de aplainamento em Sete Cidades; a primeira composta por grandes blocos e encontrada em zona de altitude elevada no noroeste do parque; ela poderia sublinhar a antiga superfície sul-americana, pois, geralmente as couraças ferruginosas, segundo a literatura, correspondem a superfícies pós-cretáceas. A segunda, composta de pisólitos distribuídos nos baixos interflúvios, possivelmente é ligada à redistribuição recente (atual) de ferro por todo o Parque (cf. mapa 4).

Quanto a dois tipos de ocorrência de couraça ferruginosa corresponderem realmente a duas superfícies de aplainamento é apenas uma hipótese. É necessário realizar estudos mais



aprofundados para considerá-las como superfície de aplainamento ou inseri-las na classificação de Mainguet (1972). E isso demanda prospectar uma área mais ampla, mais regional.

Verificou-se a existência de grandes superfícies de solos hidromórficos, em zonas planas da área, ligados ao lençol freático que é muito superficial em Sete Cidades, sendo encontrada água livre, em média a 50 cm de profundidade (cf. mapa 4).

Esse trabalho não esgota as possibilidades de estudos geomorfológicos em Sete Cidades. Prospecções mais detalhadas podem gerar melhor zoneamento das coberturas arenosas.

Esse novo zoneamento poderá permitir melhor identificação do material presente nos fundos de vale, haja a vista a existência de material turfoso nas tradagens de n.º 108 e 109, nas margens do riacho do Bacuri. Esse local, especificamente, merece sondagens para estudo palinológico e arqueológico. E também na área das tradagens de n.º 176 (a) e (b) local, onde foi verificada a maior concentração de argila, estudos de difração de raio-x permitiriam identificá-la do tipo caolinita ou esmectita.

Para a melhor caracterização da cobertura arenosa, estudos de pedologia, sedimentologia, palinologia e arqueologia poderão ser realizados culminando em uma caracterização paleogeográfica da área.

Os mapas apresentados nesta dissertação podem servir de base para a localização dos sítios arqueológicos, que são aproximadamente 26, ou ainda servir de base cartográfica para outros estudos.

Prospecções mais detalhadas devem ser feitas no sul do Parque (cf. mapa 4) para confirmar extensão das duas manchas de couraça ferruginosa desenhadas por fotointerpretação.

A realização de tradagens, ou mesmo a abertura de trincheiras, podem revelar nesse setor do Parque um terceiro nível de couraça ferruginosa. Pelos dados disponíveis, o perfil do solo estaria configurado da seguinte maneira: rocha matriz, couraça ferruginosa, areias quartzosas e em superfície, pisólitos de couraça ferruginosa. É necessário trabalho mais detalhado para confirmar essa conjectura.

Ainda em relação à couraça ferruginosa, uma dúvida acompanhou os levantamentos de campo. Os baixos interflúvios presentes nas formações arenosas são compostos pela couraça ferruginosa 2. E os topos dos morros seriam todos eles recobertos por couraça, e qual o tipo de couraça? Alguns foram prospectados, revelando que pode ocorrer tanto a couraça 1 quanto a couraça 2. Levantamento mais sistemático resolveria essa questão.

Como já foi dito, o Piauí possui apenas estudos gerais para a caracterização do seu relevo. Estudos detalhados, de várias ordens, merecem ser feitos mas a linha de pesquisa deste

trabalho, ainda pode ser muito explorada, pois a Formação Cabeças apresenta modelado ruiniforme em toda a sua extensão.

Nossa experiência em prospeção arqueológica para o projeto de cadastramento dos sítios arqueológicos do Piauí permitiu constatar importantes concentrações de modelado ruiniforme ao longo da Formação Cabeças, na porção norte do estado. São locais que apresentam as torres isoladas, os efeitos de poligonação e sítios arqueológicos.

Por fim, retomam-se as primeiras palavras oficiais do município de Piracuruca a respeito de suas Sete Cidades Encantadas de Pedra: “É inegável que tudo aquilo constitui um verdadeiro arremedo de construção, mas é pura obra da natureza, e das pedras brutas, onde a arte ou a ciência humana nenhuma parte tem...”



## 6. BIBLIOGRAFIA

- AB'SABER, A. N. Topografias ruiformes no Brasil. **Geomorfologia** n. 50. São Paulo: USP, 1977. 14 p.
- AGUIAR, G. A. Revisão Geológica da Bacia Paleozóica do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 25., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1971. p. 113-122.
- BAPTISTA, M. B. et al. **Léxico estratigráfico do Brasil**. Brasília: DNPM/MME, 1984. 560 p.
- BASTOS, C. **Dicionário Histórico e Geográfico de Estado do Piauí**. Teresina: Fundação Cultural Monsenhor Chaves, 1994.
- BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, 1994, v. 1 e 2, 875 p.
- BILLINGS, M. P. **Structrural geology**. 2ª ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1954. 514 p.
- BRASIL. Decreto nº 50.744. de 8 de junho de 1961. Cria o Parque Nacional de Sete Cidades, integrante da Seção de Parques e Florestas Nacionais do Serviço Florestal do Ministério da Agricultura Brasileiros, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 8 jun. 1961.
- BRASIL. Decreto nº 84.017 de 21 de setembro de 1979. Aprova o Regulamento dos Parques Nacionais Brasileiros, Brasília: IBDF, 1979. 12 p.
- BRASIL. Lei n.º 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225 1º, incisos I, II e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 19 jul. 2000.
- BRITO, I. M. **Bacias sedimentares e formações pós-paleozóicas do Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1979. 177 p.
- CALDASSO, A. L. S. A sedimentação mesozóica e seu relacionamento com a evolução geomorfológica na Bacia do Parnaíba. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA, 30., 1978, Recife. **Anais...** : Recife: UFPE, 1978, p. 784-792.
- ATLAS do Piauí. Rio de Janeiro: CEPRO/IBGE, 1990.
- COLTRINARI, L. Um exemplo de cartografia geomorfológica de detalhe: a carta do médio vale do Rio Parateí, SP, (escala 1: 25000). **Revista do Depto de Geografia da USP**, São Paulo, n. 1, p. 55-63, 1982.
- CUNHA, F. M. B. **Evolução Paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu Arcabouço Tectônico**. 1986, 107 p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

DAEMON, R. F. & ANDRADE, S. M. Litoestratigrafia e bioestratigrafia do flanco sudoeste da Bacia do Parnaíba (Devoniano e Carbonífero). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: 1974, p.129-137.

DELLA-FAVERA, J.C. **Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí**. Disponível em: <[http:// www.unbunb.br/sigep/sitio025/sitio025.html](http://www.unbunb.br/sigep/sitio025/sitio025.html)>. Acesso em: 7/4/00, p. 13.

D.N.P.M. **Projeto Radam, levantamento dos recursos naturais vol. 2 Folha SB 23 Teresina e parte da folha SB 24 Jaguaribe**. Rio de Janeiro: 1973, 423 p.

DERRUAU, M. **Les formes du relief terrestre, notions de géomorphologie**. 7<sup>a</sup> ed. Paris: Armand Colin, 1996. 118 p.

EMPERAIRE, L. Le climat. In: **La caatinga du sud-est du Piauí (Brésil) : Etude ethbotanique**. 1980, 11-27p. Tese (Doutorado de Terceiro Ciclo), Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, Paris.

FORTES, F. P. **Geologia de Sete Cidades**. Teresina: Fundação Monsenhor Chaves, 1996, 144p.

GARY, M. et al. **Glossary of geology**. Washington D.C.: American Geological Institute, 1972. 805 p.

GÓES, A. M. O, SOUZA, J.M.P., TEIXEIRA, L.R. Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro, v.4, n.1, p.55-64, 1990.

GÓES, A. M. O. & FEIJÓ, F.J. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobrás**. Rio de Janeiro, v.4, n.1, p.57-67, 1994.

GORNITZ, V. "Liesegang" rings. In: FAIRBRIDGE, R. W. **Enciclopedia of Earth Sciencies**. Pennsylvania: Ed Dowden, Hutchinsin and Ross, v. IVA, p. 648-650, 1972.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA. S. B. (orgs). **Geomorfologia, Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 345 p.

GUERRA, A. J. T. & CUNHA. S.B. (orgs). **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. 458 p.

GUERRA, A. T, GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico- Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997. 652 p.

GUIDON, N. et al. Le plus ancien peuplement de l'Amerique: le paleolithique du nordest brésilien. **Bulletin de la société préhistorique française**. tomo 91, n. 4-5, p.165-197, 1994.

IBDF. **Plano de Manejo do Parque Nacional Sete Cidades**. Brasília: 1979. 61 p.

JOLY, F. & DEWOLF, Y. Formations superficielles et geodynamique. Application a l'étude d'une zone sahélienne. In: COLÓQUIO INTERDISCIPLINAR FRANCO-BRASILEIRO, 1978, São Paulo. **Comunicações e Debates**. São Paulo: USP, 1978, p.179-188.



JOLY, F. **A cartografia**. Campinas: Papirus, 1990.136 p.

JOLY, F. **Carte géomorphologique, Fontainebleau 1-2**. Paris: CNRS, 1984, 1 mapa: colorido, 48x 65cm.Escala: 1:25000.

JOLY, F. **Carte morphologique au 1:25000 feuille amiens SW**. Paris: I.G.N, 1965, 1 mapa: colorido, 28x 19cm.Escala: 1:25000.

JOLY, F. **Fontainebleau, carte morphologique au 1:20000 feuille melun 6**. Paris: I.G.N, 1965, 1 mapa: colorido, 19x 28cm.Escala: 1:20000.

LANDSAT, TM 5. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998, **Imagem de satélite do Parque Nacional de Sete Cidades e adjacências**. Canais 3,4,5,7. Composição colorida 3, 4, 5.

LEINZ, V. & LEONARDOS, O. H. **Glossário de Geologia**. 2ª ed. São Paulo: Companhia Editora do Livro, 1977. 239 p.

LIMA, I. M. de M. Relevo piauiense: uma proposta de classificação. **Revista CEPRO**. Teresina, v. 12, n. 2, p. 55-87,1987.

LOCKZY, L. & LADEIRA, E. A. **Geologia estrutural e introdução a geotectônica**. São Paulo: Edgard Blucher e Rio de Janeiro: CNPq, 1980. 528 p.

MAINGUET, M. **Le modele de grés: problèmes generaux**. Paris: I.G.N, 1972. Tome I. e II. 657 p.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA. S.B. da.(orgs). **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. cap. 1. p. 23-50.

MARTIN, G. **Pré-história do Nordeste do Brasil**. Recife: Ed.UFPE, 1996. 396 p.

MELO, M. S. **Vila Velha**. Disponível em: <<http://www.unb.br/sigeop/sítio029/sítio029.html>> Acesso em:13/10/00, 15 p.

MELO. M.S. & COIMBRA, A. M. Ruiniform relief in sandstones- the example of Vila Velha, Carboniferous of the Paraná Basin, Southern Brazil. **Acta Geologica Hispanica**. Barcelona, v. 31, n. 4, p. 25-40, 1999.

MENDES, J. C. **Elementos de estratigrafia**. São Paulo: T. A Queiroz,1992. 566 p.

MESENER, J. C. & WOOLDRIDGE, L. C. Estratigrafia das bacias paleozóica e mesozóica do Maranhão. **Boletim Técnico da Petrobrás**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 7, p. 137-164,1964.

MILOT, G. Planation of continets by intertopical weatering and pedogenetic processes. In MELFI, A J. & CARVALHO, A. **International Seminar on Laterisation Processes II**. São Paulo, Brasil. Instituto Astronômico e Geofísico, 1983, p. 53-63.

MOREIRA, A. A. N. Relevo. In: **Nordeste**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. cap.1. p.1-45.

NASCIMENTO, N. R. **Sistemas de transformação pedológica “solos lateríticos com couraça ferruginosa em silcrete e/ou planossolo”:** Aplicado a cartografia da pedo-morfoologia do médio vale do Rio Paramirim-Bahia. 1993, 180 p. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo.

NOWATZKI et al. Glossário de estruturas sedimentares. **Revista Acta Leopoldensia.** São Leopoldo, ano 8, n. 18 e 19, p. 432, 1984.

NUNES, B. de A. et al. **Manual técnico de Geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 113 p.

OLIVEIRA, M. E. A. **Mapa dos tipos de vegetação do Parque Nacional Sete Cidades**, mapa preliminar cedido pela autora em 25/02/2000.

PELLERIN, J. Les bases physiques. In: **L'aire archéologique du sud-est du Piauí.** GUIDON, N. (org). Paris: Ed Recherche sur les Civilisations, 1984, p.11-22.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia.** 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1978. 180 p.

PEREIRA, K. N. **Contribuição à caracterização paleohidrológica de áreas de cabeceiras de drenagem.** 1999, 41 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PESSIS, A-M. Identidade e classificação dos registros gráficos pré-históricos do Nordeste do Brasil. **Clio- Série arqueológica.** Recife, v. 1. n. 8, p. 35-68, 1992.

PETRI, S. e FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil.** São Paulo: T. A. Queiroz e Edusp, 1983. 631 p.

PETTIJOHN, F. J. Rocas sedimentarias. Buenos Aires: Editora Universitária de Buenos Aires. 1963. 731p

PETTIJOHN, F. J, POTTER, P. E, SIELVER, R. **Sand and sanstones.** New York, Berlin: Springer -Verlag, 1973. 617 p.

PIAUI. **Levantamento Aerofotogramétrico do Estado do Piauí.** Aerofoto Cruzeiro S.A. Rio de Janeiro: 1969. Fotos nºs, 10524-1527, 10508-10512, 10376-10782, 1243-1246, escala aproximada 1:25000.

\_\_\_\_\_. **Levantamento Aerofotogramétrico do Estado do Piauí.** Aerofoto Cruzeiro S.A. Rio de Janeiro, 1974. Fotos nºs 729, 730, 552-554, escala aproximada 1:70000.

PONTELLI, M. E. Objetivos e Metodologia. In: **Cartografia das alterações em depósitos de leques aluviais como base para um estratigrafia relativa. Bacias dos rios Amola Faca e Rocinha, Timbé do Sul- SC.** 1998, 44-52 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Depto de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REATTO A. et al. Solos do bioma cerrado, aspectos pedológicos. IN: SANO, S. M & ALMEIDA, S. P. **Cerrado Ambiente e Flora.** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. cap. 2. p.47-86.

RIBEIRO, J. A P. & MELO, F. Os sistemas deposicionais da Bacia do Parnaíba a norte de Teresina, Piauí/ Maranhão. **Revista de Geologia.** Fortaleza, v.9, p. 53-73, 1996.



RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. IN: SANO, S. M & ALMEIDA, S. P. **Cerrado Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. cap. 3. p. 90-166

RIVAS, M.P. (coord). **Macrozoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba**. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. 111 p.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 85 p.

SCHOBENHAUS, C. et al. **Geologia do Brasil**. Brasília: DNPM/MME, 1984. 510 p.

SHAMA, V. K. **Geomorfology: earth surface processes and forms**. McGraw Hill: 1986. 244 p.

SUDENE. **Dados Pluviométricos mensais do Nordeste-Estado do Piauí**. Recife: 1990. 236 p.

SUGUIO, K. **Rochas Sedimentares**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 500 p.

TARDY, Y. **Petrologie des laterites et de sols tropicaux**. Paris: Masson, 1993. 461 p.

TARDY, Y., KOLBISECK, B., PAQUET, H. Mineralogy and geographycal distributions of African and Brazilian laterites- the influence of continental drift and paleoclimats during the last 150 millions yearsn and implication for India and Australia. **Jornal of Africa Eath Science**, v.12, n.1 / 2, p. 283-295, 1991.

TRICART, J. Aspectos cartográficos dos levantamentos geomorfológicos em relação aos programas de desenvolvimentos. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v. 29, n. 215, p. 3-15, 1970.

\_\_\_\_\_. A geomorfologia nos estudos integrados de ordenação do meio natural. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v. 34, n. 251, p. 15-42, 1976.

\_\_\_\_\_. L'étude des formations superficielles selon une aproche ecologique: síntese do relator. In: COLÓQUIO INTERDISCIPLINAR FRANCO-BRASILEIRO, 1978, São Paulo. **Comunicações e Debates**. São Paulo: USP, 1978, p.139-150.

VIEIRA, R. Fundamentação teórica metodológica e instrumental técnico. In: **Interpretação integrada da paisagem para identificar a qualidade ambiental na sub-bacia do Ribeirão Garcia –Blumenau –SC**. 1999, 18-60 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Depto de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VIERS, G. **Éléments de géomorphologie**. Paris: Fernand Nathan, 1967. 207 p.

VIZIER, J.F. **Étude des phénomènes d'hydromorphie dans les sols des régions tropicales a saisons contrastées- dynamique du fer et differenciatiin des profils**. Paris: ORSTOM, 1983. 294 p.

WALLAUER, M. T. B. **Sistemas de unidades de conservação federais no Brasil: um estudo analítico de categorias de manejo**. 1998, 227p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## 7. ANEXOS

### ANEXO 1: TRADAGENS NAS FORMAÇÕES ARENOSAS

#### Ponto 58

0-35 cm: textura arenosa fina, de cor cinza 10 YR 4/1 a 5/1.

0-45 cm: textura arenosa fina, de cor cinza 10 YR 4/1 a 5/1.

#### Ponto 60

0-70cm: textura arenosa fina, de cor cinza muito claro 2,5 Y entre 7/1 e 7/2

70-80cm: textura arenosa média

90cm: rocha.

#### Ponto 66

0-50cm: textura arenosa fina, amarela, com pisólitos ferruginosos cujo o tamanho varia entre 2 e 3 cm, encontrados no fim da tradagem.

#### Ponto 76

0-80cm: textura arenosa fina, de cor cinza 10 R 4/2 até 4/1

80-130cm: textura arenosa fina, de cor cinza 10 R 4/2 até 4/1

130-145cm: textura arenosa fina, presença de manchas amarelas e vermelhas, nódulos de ferro e fragmentos de rocha alterada.

#### Ponto 87

0-50cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 5/3

100cm : textura arenosa fina, de cor 10 YR 7/4 a 7/6

150cm: material, sem estrutura, sem pedogênese

200cm: textura arenosa fina, de cor 2,5 Y 7/4.

#### Ponto 94

0-45cm: textura arenosa fina, de cor cinza.

0-25cm: textura arenosa fina, de cor cinza.

0-70cm: textura arenosa fina, de cor cinza.

0-50cm textura arenosa fina, de cor cinza

230cm: textura arenosa, fragmentos de arenito

240cm: textura arenosa, fragmentos de arenito médio a fino.

#### Ponto 111

0-40cm: textura arenosa fina, com grânulos.

#### Ponto 112

0-40cm : textura arenosa fina, branca, solta, sem nenhuma estrutura.



Ponto 118

0-30cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 5/6, presença de raízes,

100cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 6/8 a 6/6, grânulos de ferro, bem dispersos.

140cm: pode ser um nível de carapaça ferruginosa de cor vermelha, não é possível retirar material nem aprofundar a tradagem.

Ponto 129

0-80cm: textura arenosa fina, de cor amarela 10 YR 6/8, concreções de ferro

180cm: textura arenosa fina, de cor amarela 10 YR 6/8, amostra úmida.

190cm: pisólitos de carapaça ferruginosa de 1 a 1,5 cm de tamanho

200cm: rocha.

Ponto 130

0-200cm: Igual a tradagem anterior, a diferença é que pisólitos de carapaça ferruginosa de 1 a 1,5 cm de tamanho já se encontram a 60cm.

Ponto 134

0-120cm: textura arenosa fina, de cor 10YR 6/8, grânulos pretos

150cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 8/8

170cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 6/8 concreções ferruginosas pisolíticas.

Ponto 152

0-35cm: textura arenosa fina, de cor branca.

Ponto 153

0-100cm: textura arenosa fina, de cor cinza claro, com manchas marrons

100cm: textura arenosa fina, de cor branca, com manchas amarelas

170cm: manchas amarelas bem mais numerosas

250cm: nódulos semelhantes a carapaça ferruginosa.

Ponto 154

0-> 320 cm: textura arenosa fina, de cor 2,5 Y 7/3.

Ponto 178

0-20cm: textura arenosa fina, de cor 2,5 YR 5/3

30cm: textura arenosa fina, de cor 2,5 YR 6/4

40cm: textura arenosa fina, presença de concreções ferruginosas

60cm: textura arenosa fina, de cor 2,5 YR 6/4 a 2,5 YR 5/6.

Ponto 189

0-40cm: textura arenosa fina, a cor é o mais perto de 7,5 YR 5/8

75cm: textura arenosa fina a cor é o mais perto de 7,5 YR 5/8, com concreções ferruginosas friáveis de cor 10 R 4/8

100cm: aumento progressivo de concreções ferruginosas

210cm: concreção muito dura, de cor muito escura, pode ser arenito.

Ponto 197

0-120cm: textura arenosa fina, de cor amarela.

Ponto 199

0-80 cm: textura arenosa fina, de cor amarela 7,5 YR 6/6.

Ponto 200

0-120cm: textura arenosa fina, de cor amarela 10 YR 6/8.

Ponto 219

0-120cm: textura arenosa fina, de cor branca, em 90cm presença de manchas amarelas.

Ponto 220

0-120cm: textura arenosa de cor branca, em 60cm presença de manchas amarelas.

Ponto 222

0-80cm: textura arenosa, ligeiramente argilosa, de cor amarela, em 80cm presença de concreção ferruginosa.

Ponto 226

0-30cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 4/2

30cm: textura arenosa fina, a cor é mais clara

50cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 6/6 sem consistência nenhuma

100cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 7/8

150cm: textura arenosa fina de cor 10 YR7/8, concreções ferruginosas de cor 10 YR 7/8.

Ponto 227

0-50cm: textura arenosa fina, de cor amarela 10 YR 5/4, com concreções ferruginosas.

Ponto 254

0->320cm: textura arenosa fina, de cor 7,5 YR 6/8.

Ponto 257

0-50cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 4/6

80cm: textura arenosa fina, de cor 7YR 5/6 e 5/8

90cm: presença concreções ferruginosas.

Ponto 258

0-50cm: textura arenosa média a fina, de cor 10 YR 5/4

100cm: textura arenosa média a fina, de cor 10 YR 6/4

150cm: textura arenosa média a fina, de cor 10 YR 6/6, presença de manchas amarelas

250cm: presença de concreções ferruginosas dispersas

260cm: textura arenosa média a fina, de cor 10 YR 7/6

320cm: é mais profundo.

Entre 250cm e 300cm diminui progressivamente as manchas amarelas, elas reaparecem em 310cm.

## **ANEXO 2: TRADAGENS EM SOLOS HIDROMÓRFICOS E NAS PLANÍCIES INUNDÁVEIS**

Ponto 93

0-160cm: textura arenosa branca, em 100cm presença de água livre.



**Ponto 97**

- 0-40cm: textura arenosa fina, de cor branca
- 40-80cm: textura arenosa fina, amarelo claro, presença de umidade
- 80cm: textura arenosa fina, amarelo claro completamente saturado.

**Ponto 98**

- 0-110cm: textura arenosa fina, branca, vai saturando em profundidade
- 110cm: amostra completamente saturada
- 170cm : carapaça ferruginosa.

**Ponto 100**

- 0-100cm: textura arenosa fina de cor branca, completamente saturada presença de concreções ferruginosas a 100cm de profundidade. Em 15 cm a cor é 2,5 Y 8/1 e em 100cm a cor é 2,5 Y 7/3.

**Ponto 104**

- 0-70cm: textura arenosa média, de cor branca, água livre
- 110cm: rocha.

**Ponto 105**

- 0-100cm: textura arenosa levemente argilosa, de cor 10 YR 4/4 , manchas de amarelas de hidromorfia
- 210cm: textura arenosa de cor 10 YR 6/6 concreções ferruginosas.

**Ponto 106**

- 0-100cm: textura arenosa levemente argilosa, de cor amarela, 10 YR 6/8. Presença de manchas amarelas de hidromorfia.

**Ponto 107**

- 0-40cm: textura arenosa de cor bruno amarelo, raízes, seco
- 70cm: textura arenosa de cor 10 YR 5/6 presença de manchas mais brunas
- 100cm: presença de grânulos
- 140cm: aumento da umidade
- 160cm: amostra completamente saturada de cor 10 YR 7/8
- 210cm: textura arenosa de cor 10 YR 6/8, e rocha matriz.

**Ponto 108**

- 0-30cm: remanejo da estrada
- 40cm: textura arenosa de cor preta, muito rica em matéria orgânica
- 100cm: a cor começa a clarear, mas ainda com muita com matéria orgânica
- 150cm: textura areno-argilosa de cor 5 Y 5/1 aumento da concentração de matéria orgânica
- 180cm: aumento da concentração de matéria orgânica e da quantidade de argila
- 210cm: aumento significativo da umidade
- 235cm: completamente saturado de água, material turfoso
- 265cm: material turfoso, alteração da rocha com pequenas concreções ferruginosas.

**Ponto 109**

- 0-85 cm: textura arenosa de cor escura, presença de matéria orgânica,
- 85cm: alteração da cor um pouco mais clara

110cm: parece mais turfoso, aumento da matéria orgânica  
 140cm: matéria orgânica presença de umidade  
 150cm: matéria orgânica, presença de umidade  
 160cm: mudança na cor, material arenoso de cor branca  
 170cm: material arenoso de cor branca  
 200cm: material arenoso de cor branca  
 230cm: rocha matriz, fragmentos de arenito  
 240cm: fragmentos de arenito fino a médio.

#### Ponto 113

0-120cm: textura arenosa de cor branca presença de umidade  
 150cm: completamente saturado de água  
 210cm: rocha.

#### Ponto 119.

0-100cm: textura arenosa de cor branca, saturado.

#### Ponto 119 a

0-35cm: textura arenosa de cor escura  
 35cm: textura arenosa de cor preta, 10 YR 2/2, rico em matéria orgânica, quase turfoso  
 60cm: presença de água livre  
 70cm: cor branca.  
 80cm: rocha.

#### Ponto 137

0-40cm: textura arenosa ligeiramente argilosa de cor cinza, presença de manchas de hidromorfia, as mais nítidas até agora encontradas, a mancha é bruna amarelada, muito compacto

40-90cm: solo hidromórfico, a textura parece ser totalmente arenosa aumento de umidade.

#### Ponto 141

0-120cm: textura arenosa de cor branca  
 120cm: manchas amarelas, umidade  
 150cm: aumento da umidade  
 170cm: rocha matriz.

#### Ponto 146

0-40cm: textura arenosa fina, branco, hidromórfico  
 100cm: rocha.

#### Ponto 147

0-40cm: textura arenosa com manchas de hidromorfia  
 100cm: muito úmido.

#### Ponto 148

0-40cm: textura arenosa fina de cor preta, 2,5 Y de 8/2 a 5  
 50-80cm: cor mais clara 2,5 Y 3/3  
 80cm: cor amarela, 10 YR 4/4  
 170cm: a tradição se encerra devido a quantidade de água.



#### Ponto 176 (a)

0-40cm: textura areno-argilosa, de cor 2,5 YR 7/2

40-80cm: textura areno-argilosa, de cor 2,5 YR 5/6 saturado de água

80-100cm: muito compacto, de cor 2,5 YR 5/6 com manchas vermelho vivo

100cm: marrom com manchas brunas, muito compacto e seco, concreções de cor preta, tipo ferro manganês

120cm: amostra

140cm: amostra, não se consegue mais tratar  
presença de hidromorfia.

#### Tradagem (b)

Idêntica a primeira um pouco mais profunda, rocha a 190cm o material é mais claro e mais arenoso.

#### Ponto 195

0-70cm: textura arenosa fina, branca.

2ª tradagem a 100m da primeira, em direção ao platô

0-120cm: areia fina branca, muito úmida em 110 cm, é mais profundo que 120cm.

#### Ponto 203

0-120cm: textura arenosa fina de cor 10 YR 6/4, com pequenas manchas de hidromorfia, amarelas vivas 5 YR 5/8.

#### Ponto 204

0-60cm: textura arenosa fina, com concreções ferruginosas, em 50cm aparece água livre.

#### Ponto 208

0-30cm: textura arenosa, cinza, umidade

70cm: água livre.

#### Ponto 209

0-120cm: textura arenosa de cor cinza em 50cm: água livre.

#### Ponto 229

0-50cm: textura arenosa de cor escura, 10 YR 5/2,

150cm: cor 10 YR 6/3, presença de manchas amarelas de hidromorfia

100cm: continua com manchas amarelas, porém mais claras. 10 YR entre 7 e 8/2

160cm: aumenta o volume de manchas

170cm: pequenas concreções ferruginosas

190cm: manchas rosas

250cm: textura arenosa de cor 10 YR 7/3 manchas rosas e amarelas,

> 320cm: textura arenosa de cor 10 YR 8/2 as manchas rosas, provavelmente são alterito da rocha.

#### Ponto 230

10cm: textura arenosa de cor 10 YR 2/1

30cm: textura arenosa de cor 2,5 Y 3/1, umidade

40cm: textura arenosa de cor 2,5 Y 4/1

50cm: presença de água livre

70cm textura arenosa de cor 2,5 Y 6/2, completamente saturado

80cm: textura arenosa de cor branca azul esverdeada 5 Y 7/2  
 150cm: tradagem interrompida pela presença de água.

Ponto 256

0-50cm: textura arenosa fina a média  
 100cm: textura arenosa fina a média de cor entre 2,5 Y a 10YR 7/2  
 150cm: textura arenosa fina a média de cor 2,5 Y 7/1  
 170cm: rocha alterada  
 200cm: umidade  
 210cm: água livre, rocha.

Ponto 259

0-50cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 5/3, pequenas manchas amarelas de hidromorfia, de cor 10YR 6/8,  
 60cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 6/3, manchas amarelas de hidromorfia  
 100cm: textura arenosa fina, de cor 10 YR 6/8  
 200cm: textura arenosa, de cor 2,5 YR 8/2  
 250cm: manchas amarelas continuam, mas um pouco mais claras  
 270cm: manchas rosas, próximo a rocha, mais compacto  
 250-300cm: diminui progressivamente as manchas amarelas  
 310cm: reaparecem as manchas amarelas  
 320cm: é mais profundo.

Ponto 260

50cm: textura arenosa fina de cor 10 YR 7/2  
 100cm: textura arenosa fina de cor 10 YR 7/2 a 2,5 YR 8/2, aparecimento de manchas amarelas, manchas em menor quantidade que a tradagem anterior  
 200cm: presença de umidade, manchas amarelas  
 260cm: rocha ou concreção ferruginosa  
 270cm: Impossível aprofundar o trado, água livre, com concreções ferruginosas.